

**Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”**

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

**Avaliação de compostos fenólicos em pimentas
Capsicum spp. em função de processos
térmicos**

Mateus Kawata Salgaço

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Alimentos e
Nutrição para obtenção do título de
Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de Concentração: Ciências dos
Alimentos

Araraquara
2019

**Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”**

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Avaliação de compostos fenólicos em pimentas

***Capsicum spp.* em função de processos
térmicos**

Mateus Kawata Salgaço

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de Concentração: Ciências dos Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Luis Vitor Silva do Sacramento

Araraquara
2019

S164a Salgaço, Mateus Kawata.
Avaliação de compostos fenólicos em pimentas
Capsicum spp. em função de processos térmicos / Mateus
kawata Salgaço. – Araraquara, 2019.
69 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa
de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição. Área de
Concentração em Ciências dos Alimentos.

Orientador: Luis Vitor Silva do Sacramento.

1. *Capsicum baccatum*. 2. *Capsicum chinense*. 3.
Compostos bioativos. 4. Pasteurização. 5. Cozimento. I.
Sacramento, Luis Vitor Silva do, orient. II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação de compostos fenólicos em pimentas *Capsicum* spp. em função de processos térmicos

AUTOR: MATEUS KAWATA SALGAÇO

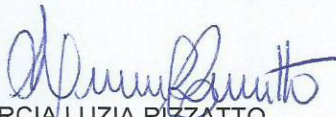
ORIENTADOR: LUIS VITOR SILVA DO SACRAMENTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, área: Ciências Nutricionais pela Comissão Examinadora:



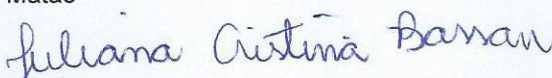
Prof. Dr. LUIS VITOR SILVA DO SACRAMENTO

Departamento de Princípios Ativos Naturais e Toxicologia / Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP - Araraquara



Profa. Dra. MARCIA LUZIA RIZZATTO

Departamento de Tecnologia de Alimentos / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Câmpus Matão



Profa. Dra. JULIANA CRISTINA BASSAN

Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP - Araraquara

Araraquara, 12 de fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luis Vitor Silva do Sacramento pela orientação neste projeto e por toda paciência, palavras e positividade em todos os momentos.

Agradeço à Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara – UNESP, ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição pela acolhida e oportunidade e, à Seção Técnica de Pós-graduação por todo o suporte.

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

Agradeço à minha família, em especial, meu pai Marcelo, minha mãe Isaura e meu irmão João Carlos, que sempre estiverem ao meu lado apoiando e mostrando a importância da educação.

Agradeço à técnica de laboratório Angélica por toda colaboração e companhia.

Agradeço os colegas dos laboratórios de Farmacobotânica, Nutrição, em especial à Natália Sartarelli e à Daniela Baeta, assim como a Prof.^a Dr^a Thais Borges César.

Agradeço aos colegas de pós-graduação do Programa de Alimentos e Nutrição por todo compartilhamento de aprendizado e companhia até aqui, em especial as mestrandas Julia e Amanda e as doutorandas Ana Luiza e Fernanda.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”.

Leonardo da Vinci

Resumo

Objetivo: quantificar teores de compostos fenólicos totais, carotenoides totais, ácido ascórbico e flavonoides totais, bem como avaliar a atividade antioxidante, pelos métodos de sequestro do radical DPPH e ABTS⁺, de duas espécies de pimentas: Dedo-de-Moça (*Capsicum baccatum*) e Biquinho (*Capsicum chinense*) em função de dois processos de manufatura (pasteurização e cozimento). **Métodos:** foram obtidas amostras de pimentas biquinho e dedo-de-moça em mercados de Matão-SP e Araraquara-SP, formando uma amostra composta de cada espécie, cuja homogeneidade foi obtida após quarteamento das amostras menores. Foram realizados os processos térmicos de cozimento (100°C/5min) e pasteurização (65°C/30min). Após resfriamento, as amostras foram liofilizadas (48h/-60°C), realizando-se as extrações de acordo com as metodologias utilizadas. Realizaram-se análises de quantificação dos compostos fenólicos totais, flavonoides totais, vitamina C, carotenoides totais e capacidade antioxidante por DPPH[·] e ABTS⁺. **Resultados:** os processamentos térmicos não afetaram os teores de fenólicos totais em *Capsicum chinense* (pimenta biquinho); no entanto, para *Capsicum baccatum* (pimenta dedo-de-moça) houve diminuição no teor de fenólicos totais frente a pasteurização. Para o teor de flavonoides totais em ambas as variedades o processo de pasteurização demonstrou perdas significativas. A capacidade antioxidante em ambas as espécies foi favorecida devido ao cozimento, e o processo de pasteurização contrariamente desfavoreceu esse mesmo parâmetro, de acordo com os testes de DPPH[·] e ABTS[·]. Os teores de vitamina C foram diminuídos sob os processos térmicos utilizados em ambas as espécies. **Conclusão:** Dentre os processos térmicos utilizados a pasteurização aplicada em amostras de *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum*, diminuiu os teores dos compostos bioativos estudados. Mostrando um panorama favorável da capacidade antioxidante dos materiais botânicos estudados frente ao cozimento, assim recomenda-se temperaturas acima de 65°C para processos de industrialização, entretanto é necessário realizar em projetos futuros estudos do binômio tempo/temperatura, visando a máxima preservação dos compostos presentes, considerando ser a pasteurização prática rotineira no processamento de alimentos.

Palavras-Chave: *Capsicum baccatum*; *Capsicum chinense*; compostos

bioativos; pasteurização; cozimento.

Abstract

Objective: to quantify total phenolic compounds, total carotenoids, ascorbic acid and total flavonoids, as well as to evaluate the antioxidant activity, by the methods of scavenging of the DPPH[•] and Abts^{•+} radical, of two species of peppers: finger-of-the-girl (*Capsicum baccatum*) and Biquinho (*Capsicum chinense*) as a function of two manufacturing processes (pasteurization and baking). **Methods:** samples of pout and finger-of-the-girl peppers were collected in the cities of Matão-SP and Araraquara-SP, composing a homogeneous sample of each pepper, the method of Quarteamento was performed in each of the varieties studied, so as to obtain a Best sampling. The thermal cooking processes (100°C/5min) and pasteurization (65°C/30min) were performed after the samples were freeze-dried (48h/ -20 ° C). Aqueous and ethanolic extractions were performed to meet the methodologies used. Analysis of quantification of total phenolic compounds, total flavonoids, vitamin C, total carotenoids and antioxidant capacity by DPPH[•] and ABTS^{•+} were performed. **Results:** the thermal processes did not affect the total phenolic contents in *Capsicum chinense*; however, for *Capsicum baccatum* (finger pepper) there was a decrease in the total phenolics content against pasteurization. For the total flavonoid content in both varieties the pasteurization process is the only one that has had significant losses. For the antioxidant capacity for both varieties the cooking process causes an increase of this capacity to occur, and the pasteurization process reduces this same capacity, this occurred with the two DPPH[•] and ABTS metod methodologies. And for vitamin C any thermal processing affects in the decrease of this vitamin in both varieties. **Conclusion:** Among the thermal processes used the pasteurization applied in samples of *Capsicum chinense* and *Capsicum baccatum*, the contents of the bioactive compounds studied decreased. A favorable picture of the antioxidant capacity of the botanical materials studied compared to cooking is recommended, so temperatures above 65oC are recommended for industrialization processes, however it is necessary to carry out future studies of the time / temperature binomial, aiming at the maximum preservation of the present compounds, considering it to be routine pasteurization in food processing.

Key words: *Capsicum baccatum*; *Capsicum chinense*; Bioactive compounds; Pasteurization; Cooking.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Pimentas (<i>Capsicum ssp.</i>)	14
2.2 Compostos Fenólicos	18
2.2.1 Flavonoides.....	19
2.3 Carotenoides	21
2.4 Ácido L-Ascórbico (Vitamina C).....	23
2.5 Capsaicinoides	24
2.6 Processamento Térmico	25
3 OBJETIVOS	28
3.1 Objetivo geral	28
3.2 Objetivos Específicos	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Obtenção do material vegetal.....	29
4.2 Liofilização	31
4.3 Extração.....	31
4.4 Determinação de Compostos Fenólicos Totais.....	32
4.5 Determinação de Flavonoides Totais	33
4.6 Determinação de capacidade antioxidante (DPPH e ABTS ^{•+}).....	34
4.6.1 DPPH	34
4.6.2 ABTS ^{•+}	35
4.7 Determinação de Carotenoides Totais	37
4.8 Determinação de Vitamina C	38
5.1 Determinação de Compostos Fenólicos Totais.....	39
5.2 Determinação de Flavonoides Totais	41
5.3 Determinação da Capacidade Antioxidante	42
5.3.1 DPPH•	42
5.3.2 ABTS ^{•+}	45
5.4 Determinação de Carotenoides Totais	46
5.5 Determinação de Vitamina C	48
6 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

As pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum*, são originárias de zonas tropicais e úmidas das Américas Central e do Sul. Pertence à família das solanáceas e inclui pimentas de importante valor econômico, pertencente a um antigo e bastante popular de especiarias em todo mundo. Várias espécies de *Capsicum* possuem fruto tipo baga de característica quente e pungente e três destas estão amplamente espalhadas pelo Brasil: *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum chinense*. As pimentas em geral são cultivadas em vários países e a produção vem aumentando ao longo do tempo (1).

Em geral, no Brasil, o cultivo de pimentas é de grande importância, pois apresenta características de rentabilidade, principalmente quando o produtor agrega valor ao produto através de produtos como conservas de pimentas, molhos apimentados, pimentas em pó, e por sua importância social, já que o cultivo de pimenta em sua maioria é feito por agricultores familiares, exigindo grande quantidade de mão de obra, em especial durante a colheita (2,3).

A área anual cultivada é de cerca de dois mil hectares e os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. A produtividade média depende do tipo de pimenta cultivada, variando de 10 a 30 t/ha. A crescente demanda do mercado, estimado em 80 milhões de reais ao ano, tem impulsionado o aumento da área cultivada e

o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) um dos mais importantes do país (1).

Além de serem consumidas frescas, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos. Além do mercado interno, parte da produção brasileira de pimentas é exportada em diferentes formas, como páprica, pasta, desidratada e conservas ornamentais (3).

Alguns estudos demonstram que as pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum* são fontes de compostos bioativos, de reconhecido benefício à saúde humana, dentre eles podem ser citados, os compostos fenólicos, os carotenoides, os capsaicinoides e as vitaminas (4). Alguns compostos naturalmente presentes nas pimentas são potencialmente agentes antioxidantes, possuindo a capacidade de capturar radicais livres, que estão envolvidos no desenvolvimento de muitas doenças (1).

Segundo Bae et al. (5) nas variedades de *Capsicum* são encontrados diferentes tipos de compostos fenólicos, dentre eles estão os flavonoides, os quais são reconhecidos por possuírem efeitos benéficos à saúde humana, como: capacidade para inibir a peroxidação lipídica (reduzindo o risco de doenças cardiovasculares), quelar metais e atenuar outros processos envolvendo espécies reativas de oxigênio. A capsaicina – também é usada para aliviar dores musculares, dores de cabeça e artrite reumatóide, entre outras (6,7).

Alguns processos na industrialização de alimentos envolvem calor, como a pasteurização e o cozimento, podendo ocasionar perdas dos compostos bioativos presentes. A pasteurização é um tratamento térmico relativamente brando, na qual o alimento é aquecido a temperaturas inferiores a 100°C, e tem como princípio fundamental a higienização dos alimentos, visando manter e diminuir a perda de alguns compostos presentes (8).

Assim este projeto teve como frente de trabalho avaliar em quais processos térmicos (cozimento e pasteurização) há perdas dos compostos bioativos presentes em duas variedades de pimentas que estão entre as mais populares e consumidas no Brasil, visando ainda um olhar mais cauteloso para as indústrias de pimentas em conservas, já que o processamento interfere na qualidade final do produto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Pimentas (*Capsicum* ssp.)

As pimentas hortícolas e os pimentões pertencem à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum*. Este gênero possui cerca de vinte espécies, agrupadas em três categorias de acordo com o nível de exploração pelo homem: domesticadas (largamente cultivadas), semidomesticadas (pouco cultivadas) e silvestres (não cultivadas comercialmente) (9).

Para Reifschneider (10) e Lopes (9), as espécies e variedades do gênero *Capsicum* encontradas no Brasil, podem ser distribuídas pelas seguintes categorias ou grau de domesticação:

1-Domesticadas: *C. annum* var. *annuum*; *C. baccatum* var. *pendulum*; *C. chinense*; *C. frutescens*.

2- Semidomesticadas: *C. annum* var. *glariusculum*; *C. baccatum* var. *baccatum*; *C. baccatum* var. *praetermissum*.

3- Silvestres: *C. buforum*; *C. campylopodium*; *C. dusenii*; *C. flexuosum*; *C. friburgense*; *C. hunzikerianum*; *C. mirabile*; *C. parvifolium*; *C. pereirae*; *C. schottianum*; *C. villosum*.

As três principais espécies de pimentas *Capsicum* cultivadas mundialmente são as do gênero *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq. e *C. annum* L. As pimentas são frutos de espécies e variedades de *Capsicum*, podendo incluir também alguns exemplares de *C. annum* var. *annuum*. São

menores do que os pimentões e de diferentes formatos. São pungentes (embora existam pimentas doces) (1).

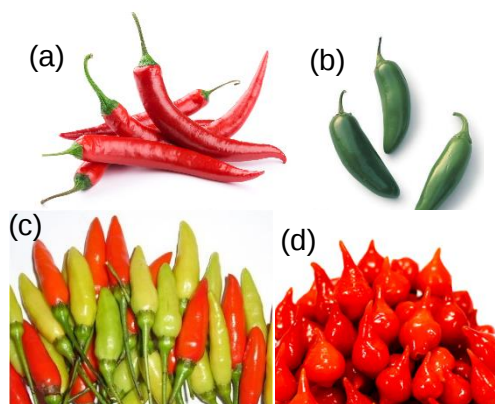


Figura 1. Ilustrações de pimentas, (a) pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*), (b) pimenta jalapenõ (*Capsicum annum*), (c) pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), (d) pimenta biquinho (*Capsicum chinense*).

A variedade *Capsicum chinense* foi classificada pelo holandês Nikolaus Joseph von Jacquin (físico e botânico) e registrada no *Hortus botanicus vindobonensis*, como *Capsicum chinense* Jacquin no ano de 1776. Embora, na época, já se soubesse que todas as espécies de *Capsicum* tinham o hemisfério ocidental como centro de origem, equivocadamente Jacquin deu-lhe o nome de *C. chinense* por considerar a espécie como sendo originária da China (11,12).

Esta variedade destaca-se pela ampla adaptação às condições tropicais (clima quente e úmido), principalmente por apresentar melhores níveis de resistência às principais doenças tropicais do que os verificados com outras espécies. Possui grande variabilidade, expressada na diversidade de formas e cores dos frutos, que são geralmente muito picantes e aromático (9).

Já o termo *baccatum*, da variedade *Capsicum baccatum* significa semelhante a uma baga, correspondendo ao formato dos pequenos frutos dessa família de pimentas, e nos países hispânicos da América Latina, são chamadas de aji. São originárias da Bolívia e do Peru. As variedades dessa espécie têm pungência suave e atualmente são cultivadas em regiões da Argentina, Colômbia, Equador e Brasil (10).

No Brasil, é encontrada com maior frequência na Região Sul. Suas plantas são arbustivas, atingindo cerca de um metro de altura. Possui flores uniformes, do mesmo modo que a espécie *C. annuum* var. *annuum*. No entanto, seus frutos são muito diferentes quanto ao formato, ao tamanho, à posição na planta, à cor e à pungência. As pimentas desta espécie mais cultivadas no Brasil são as do tipo dedo-de-moça (ou chifre-de-veado) e a cambuci (ou chapéu-de-frade), cujos frutos são de tamanho mediano, com polpa firme e pungência variável (de ausente a picante), predominando a pungência suave a mediana (9).

A pungência de uma pimenta mede-se através da escala de Scoville que foi desenvolvida em 1912, pelo farmacologista Wilbur L. Scoville, onde foi medido com o máximo de precisão o grau de pungência de cada variedade de *Capsicum* ssp. (13).

Wilbur L. Scoville, realizou um teste organoléptico, com 5 pessoas que analisaram soluções obtidas a partir de um peso exato de pimentas dissolvidas em álcool e diluídas em água e açúcar. Quanto maior a picância da amostra, maior a necessidade de diluição, até que deixe de ser sentida

pelo paladar. Assim, se uma diluição necessita de 1/1000 (uma unidade de solução em álcool para 1000 unidades de água), a amostra indica uma picância de 1000 unidade de Scoville. Apesar da subjetividade, até hoje esse teste permanece como um dos mais aceitos para se determinar a ardência em pimentas (13).

As classes dos compostos fenólicos apresentam uma grande diversidade e podem interagir com espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio (ERN) e terminar a reação em cadeia antes da viabilidade celular ser seriamente afetada. Entre as bioatividades dos compostos fenólicos, as atividades antioxidantes têm sido amplamente estudadas (14).

A atividade antioxidante de compostos fenólicos está relacionada principalmente às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio ou decompondo peróxidos (15).

Com isso umas das principais características do gênero *Capsicum* é a pungência e/ou sabor picante, proporcionada por uma série de compostos alcaloídicos, denominados capsaicinoides, os quais são os principais compostos relacionados com sua atividade biológica. Ocorrem em maior quantidade nas pimentas, a capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina (16).

Em um estudo foi verificado que os três principais compostos responsáveis pela pungência dos frutos estão distribuídos em maior concentração na placenta, seguido da semente e polpa (17). A concentração

mais elevada de capsaicinoides nas células placentárias se deve ao fato de que este é o local de síntese e armazenamento destes compostos (18).

As pimentas, comumente consumidas *in natura*, podem ser consumidas processadas e utilizadas em uma vasta variedade de linhas de produtos na indústria de alimentos, como alguns condimentos, molhos, conservas, corantes, na indústria de remédios e de aerossóis (19).

2.2 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são derivados do metabolismo vegetal e pertencem a uma classe que possui grande diversidade de estruturas com pelo menos um anel aromático, no qual ao menos um hidrogênio (H) é substituído por uma hidroxila (OH). Muitas vezes são derivados de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente e devido a condições de cultivo e variações genéticas (20).

Podem ser divididos em dois grandes grupos: os flavonoides, subdivididos em flavonas, flavanóis, flavonóis, flavanonas, isoflavonas e antocianidinas, e os não flavonoides, que compreendem os grupos dos ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos (21).

O grupo dos ácidos fenólicos inclui o ácido benzoico e o ácido cinâmico, e também os ácidos cafeico, ferúlico, p-cumárico e sináptico, sendo os mais comuns, bem como as cumarinas, que são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido o-cumárico (22, 20, 23).

Vários destes compostos apresentam uma grande gama de efeitos biológicos, incluindo ações antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e vasodilatadoras (22). Agem como antioxidantes, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (6, 22, 7).

Em um estudo, Melo e Costa (24) avaliaram o teor de compostos fenólicos nas pimentas *Capsicum chinense* (pimenta bode), *Capsicum baccatum* var. *praetermissum* (pimenta cumari) e *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta). As concentrações de compostos fenólicos, expressas em ácido gálico foram: 29400 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria seca para pimenta “bode”, 34712 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria seca para pimenta “cumari” e de 1328,28 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria seca para pimenta malagueta.

2.2.1 Flavonoides

Os flavonoides são compostos de origem fenólica e compõe um dos mais importantes e mais diversificados grupos de moléculas dos vegetais. São essenciais para o crescimento e reprodução das plantas, além disso, comumente são formados em condições de estresse tais como, infecções, ferimentos, incidência de radiações UV, dentre outros (25, 20). Neste grupo encontram-se as antocianidinas, flavonas, flavonóis e, com menor frequência, as auronas, chalconas e isoflavonas (22).

Os compostos heterocíclicos com oxigênio na molécula, denominados de flavonoides (Figura 2) consistem de classe de pigmentos encontrados

somente em plantas, comumente em frutos, apresentando diversas variações. Este grupo engloba uma classe importante de pigmentos naturais que tem estrutura química C6-C3-C6 (26, 27, 28).

Estes compostos desempenham funções essenciais para as plantas, atuando como protetor contra agente oxidantes, como os raios ultravioleta, a poluição ambiental, substâncias químicas resultantes do próprio metabolismo. Em sistemas heterótrofos atuam como antimicrobianos, terapêutico contra aterosclerose e câncer (29, 30).

Fonte: Silva et al, 2010; Marçó e Poppi, 2008 (31, 32).

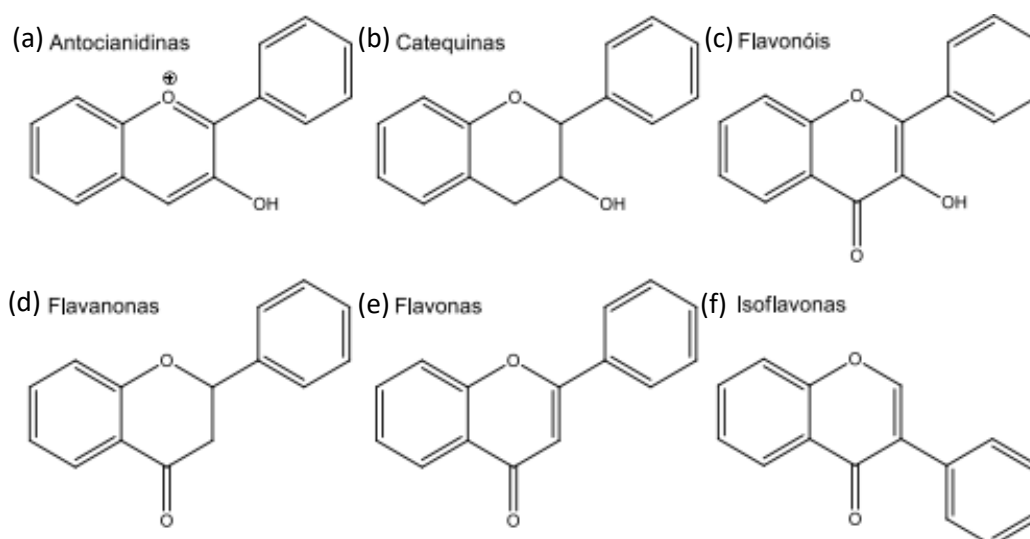


Figura 2. Estrutura de diferentes flavonoides, como antocianidinas (a), catequinas (b), flavonóis (c), flavanonas (d), flavonas (e) e isoflavonas (f).

Podem atuar em qualquer uma das fases da oxidação, bloqueando a iniciação, sequestrando radicais primários como o superóxido. Também podem reagir com os radicais peróxidos para retardar a propagação e, além disso, os radicais intermediários flavonoidicos, formados após a reação com radicais peróxidos, podem reagir com os radicais formados durante a

propagação. Qualquer um dos mecanismos expostos pode envolver, pelo menos em parte, a prevenção de radicais livres, onde podem ser considerados como antioxidantes indiretos (29).

2.3 Carotenoides

Os carotenoides formam um dos mais importantes e difundidos grupos de pigmentos naturais. O vermelho intenso característico dos frutos de *Capsicum* é devido à ocorrência dos carotenoides, sintetizados principalmente durante a maturação (33, 34).

A maior produção de carotenoides ocorre nos tecidos fotossintéticos de plantas e algas, sendo essenciais para a proteção contra estragos causados pela incidência intensa de luz e oxigênio atmosférico, e sua visualização muitas vezes é mascarada pela clorofila. Os animais são incapazes de produzir carotenoides, por isso precisam ingerí-los em sua dieta, podendo acumular e/ou converter a partir de precursores, por exemplo, conversão de β -caroteno em vitamina A (35).

Os carotenoides são basicamente compostos terpenoides formados por oito unidades de isoprenos divididos em dois grupos:

- I) os carotenos formados apenas por hidrocarbonetos, como o β -caroteno e o γ -caroteno;
- II) as xantofilas que contém oxigênio (grupos hidroxilas carbonilas e carboxilas), como a luteína e a zeaxantina.

São insolúveis em água, apresentam-se de forma variada resultando em uma enorme gama de coloração que depende de cada espécie/cultivar.

Possuem coloração que varia do vermelho ao laranja, amarelo ou marrom, e sua coloração é resultante da presença de um sistema de duplas ligações conjugadas. Para que a coloração amarela apareça são necessárias, no mínimo sete ligações conjugadas, e sua cor se intensifica com o aumento de duplas ligações conjugadas na molécula, como por exemplo, o licopeno que contém 11 duplas ligações conjugadas (Figura 3), contendo coloração vermelha característica (36, 26).

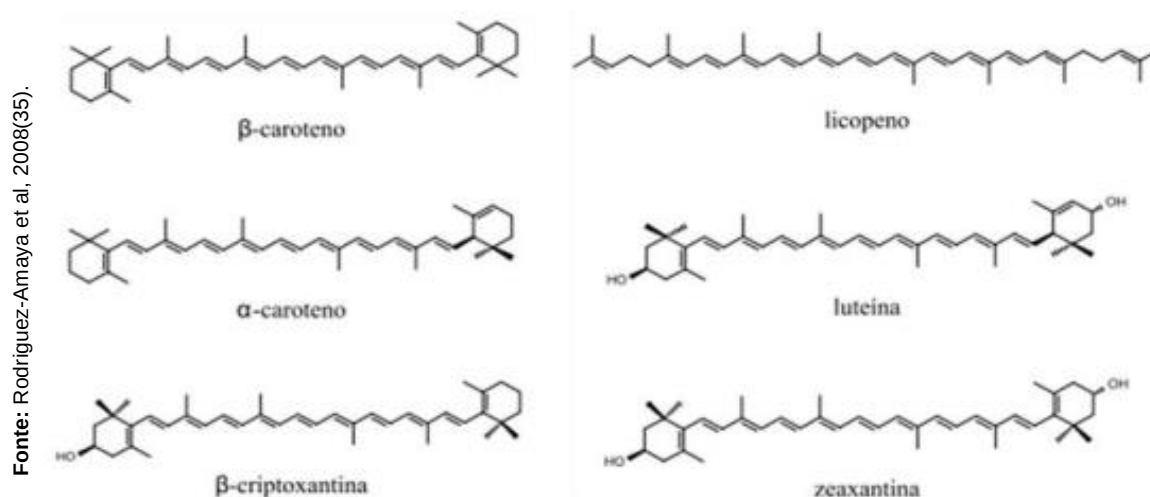


Figura 3. Principais estruturas de carotenoides.

Os principais carotenoides das pimentas *Capsicum* são a capsorubina e a capsantina cujas concentrações variam de 30 a 60% do total dos carotenoides em frutos plenamente maduros (37). As pimentas contêm ainda, as provitaminas: β -caroteno, α -caroteno, γ -caroteno e a β -criptoxantina, que são transformadas no fígado em vitamina A. O consumo diário de meia colher de sopa de pimenta vermelha desidratada em pó pode suprir as necessidades de vitamina A que corresponde a 600 microgramas/dia (38).

Várias são as mudanças que um alimento pode sofrer durante o processamento, armazenamento e distribuição, desde alterações no aspecto físico, estrutura (39) e reações bioquímicas que envolvem a degradação de substâncias nutritivas (40).

O tratamento térmico incluindo o processo de secagem pode diminuir o conteúdo de carotenoides nos alimentos pela sua natureza propensa à degradação ou isomerização (41), ainda podendo favorecer a inativação da enzima lipoxigenase que, nos tecidos vegetais, catalisa a peroxidação lipídica, dando origem a hidroperóxidos que se degradem nas formas radicais peroxil e alcoxil responsáveis pela degradação destes pigmentos (42).

2.4 Ácido L-Ascórbico (Vitamina C)

A vitamina C é fundamental para as diversas funções do sistema imunológico, para a formação de colágeno e para a cicatrização. O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel essencial ao ser humano, pois o organismo humano não a sintetiza e tem baixa capacidade de armazenamento da mesma, por isso torna-se necessária sua ingestão de forma regular. O efeito mais conhecido é a sua alta capacidade de inativar radicais livres, que podem vir a destruir as membranas celulares e causar a peroxidação lipídica (43, 44).

Em alimentos, o ácido ascórbico tem função muito importante devido sua ação fortemente redutora. É largamente empregado como agente antioxidante para estabilizar cor, sabor e aroma em alimentos. Além do emprego como conservador, o ácido ascórbico é utilizado para

enriquecimento de alimentos ou restauração, a níveis normais, do valor nutricional perdido durante o processamento (45).

A molécula de ácido ascórbico (vitamina C) (Figura 4) se encontra presente em todas as células animais e vegetais principalmente na forma livre e, também, unida às proteínas. No reino vegetal fontes importantes do ácido ascórbico são representadas pelas plantas olerícolas (folhosas, raízes, caules subterrâneos, inflorescências e frutos), sendo os teores muito dependentes de diversas variáveis como tipo de planta, condições do solo, clima, entre outros (43, 44).

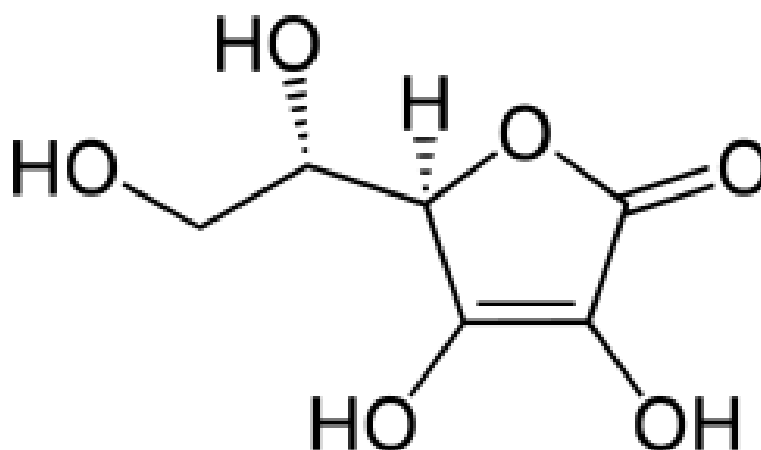


Figura 4. Estrutura molecular do ácido ascórbico.

2.5 Capsaicinoides

Os compostos químicos responsáveis pelo sabor pungente e ardência, muitas vezes intensa das *Capsicum*, são os capsaicinóides (CAPS) (46), uma classe de compostos com estrutura comum apresentada na Figura 5. Estas estruturas são de vanililamidas de ácidos monocarboxílicos com comprimento de cadeia e insaturação variados (C8–C13), entre as quais se destacam duas substâncias, a capsaicina e a

dihidrocapsaicina. Estes dois capsaicinoides representam, 90% dos capsaicinoides totais presentes nas variedades de pimentas picantes (47).

Outro capsaicinoide facilmente encontrado é a nordihidrocapsaicina, em proporções de 4 a 8%. Além destes três compostos principais, podem ser encontrados mais de 12 capsaicinoides minoritários (norcapsaicina, homocapsaicina, homodihidrocapsaicina, nornorcapsaicina e nornornorcapsaicina, etc.) (48,49,47).

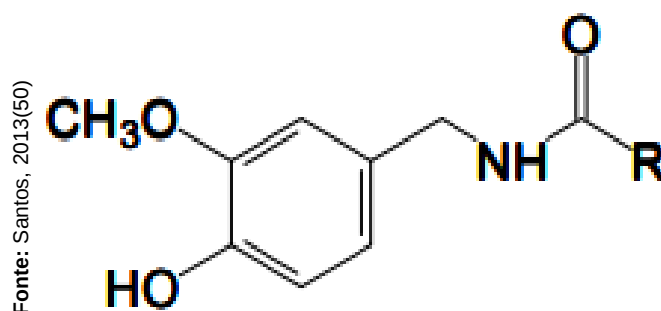


Figura 5. Estrutura molecular presente em capsaicinóides, onde R representa cadeias carbônicas.

Geralmente a capsaicina representa majoritariamente esses princípios de pungentes, não sendo incomum encontrar variedades de pimentas que tenham a dihidrocapsaicina como representante mais abundante (51).

2.6 Processamento Térmico

Segundo Ordóñez (8) um dos principais objetivos da tecnologia de alimentos é garantir o abastecimento de alimentos nutritivos e saudáveis para o homem. Contudo se faz necessário controlar os agentes alterantes, para que os alimentos possam atingir uma vida útil que permita seu armazenamento e transporte até os locais de consumo em estado nutritivo e saudável. A estabilidade de vitaminas difere entre os alimentos mesmo

quando estes são submetidos às mesmas condições de processamento e estocagem. Isso se deve, principalmente, à matriz de cada alimento que interage de forma diferente com as vitaminas, protegendo-as, e fazendo com que os efeitos do processamento sejam diferentes (52).

No processo de pasteurização, ocorre o extermínio parcial da microbiota banal, a eliminação total da microbiota patogênica e a inativação de enzimas prejudiciais. É um tratamento térmico relativamente suave (temperaturas inferiores a 100 °C) que promove o prolongamento da vida útil dos alimentos durante vários dias ou meses. A temperatura de pasteurização e o tempo de duração dependem da carga de contaminação e das condições de transferência de calor. O tratamento térmico pode ser feito de duas formas: pasteurização lenta – LTLT (62-65°C/30min) e pasteurização rápida – HTST (72-75°C/15-20s) (52).

O método de cozimento consiste em um tratamento prévio que utiliza água fervente a um tempo e uma temperatura pré-estabelecidos, tendo como finalidade inativar enzimas responsáveis por reações de deterioração, que causam alterações sensoriais e nutricionais. A destruição de vitaminas provocada pelo cozimento depende do tempo de exposição ao calor e do meio utilizado para transmissão de calor durante o processo (52).

O processamento de alimentos, no entanto, deve ser otimizado para prevenir ou reduzir a degradação de compostos que apresentem potenciais benefícios à saúde humana, podendo favorecer a biodisponibilidade. Porém, na maioria das vezes, o foco principal é apenas a industrialização, o que

acarreta numa perda ainda maior desses compostos, diminuindo a qualidade final do produto. Durante o processamento, o alimento é exposto a diversos fatores que podem interferir na sua estrutura e composição nutricional, podendo ocorrer degradação de nutrientes lábeis e compostos biologicamente ativos (1).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o teor de alguns compostos bioativos em amostras de “Pimenta Biquinho” (*Capsicum chinense*) e “Pimenta Dedo-de-Moça” (*Capsicum baccatum*) em função de processos térmicos de manufatura.

3.2 Objetivos Específicos

- avaliar os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, carotenoides totais, teor de ácido ascórbico e também a capacidade antioxidante por ABTS^{•+} e DPPH[•];
- comparar a ação de dois processos de manufatura (cozimento e pasteurização) considerando os teores dos compostos bioativos avaliados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do material vegetal

Foram utilizadas duas espécies de pimentas comumente consumidas no Brasil (Figura 6). A Tabela 1 descreve o nome científico, nome popular e a família botânica. As pimentas foram utilizadas integralmente nesse trabalho.

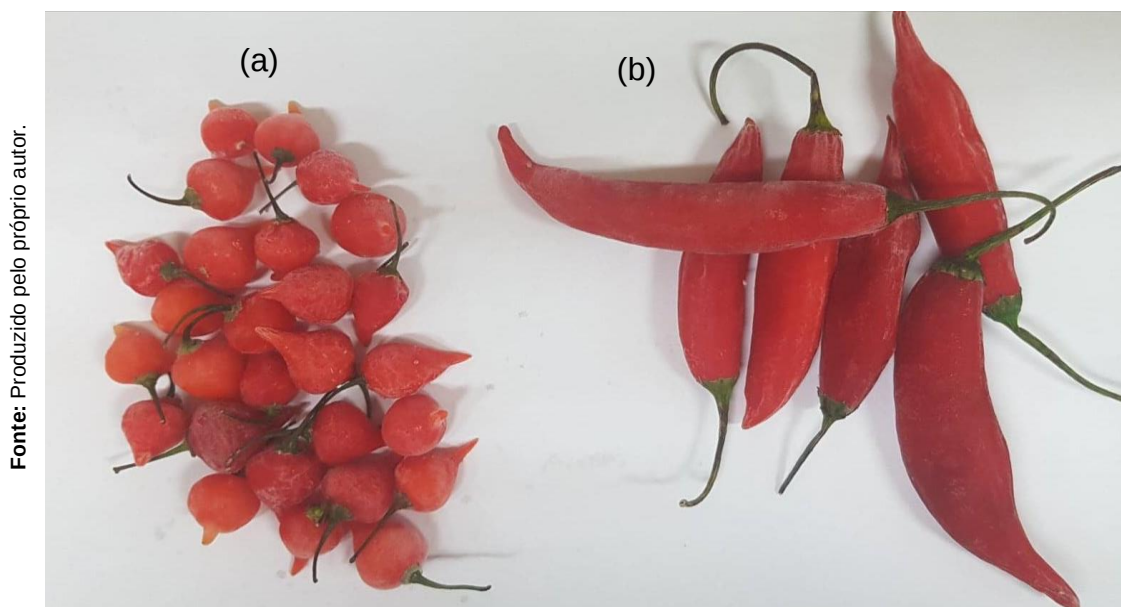


Figura 6. Pimentas utilizadas no estudo, (a) *Capsicum chinense* e (b) *Capsicum baccatum*.

Tabela 1. Espécies botânicas das pimentas utilizadas no estudo

Nome Popular	Nome Científico	Família Botânica
Pimenta Biquinho	<i>Capsicum chinense</i>	Solonaceae
Pimenta Dedo-de-Moça	<i>Capsicum baccatum</i>	Solonaceae

Os materiais vegetais foram adquiridos por amostragem, composta de diferentes fornecedores do comércio local das cidades de Araraquara-SP e Matão-SP. Tomou-se o devido cuidado em realizar uma visita prévia nos

locais de aquisição e foi realizado um breve levantamento dos fornecedores de cada estabelecimento comercial, assim evitando uma possível duplicidade de fornecedores e garantir amplitude de amostragem e homogeneidade das amostras.

Após aquisição do material vegetal, realizou-se uma breve limpeza para retirada de folhagens e estruturas morfológicas não interessantes para o estudo (pedúnculos e os resquícios dos cálices) e submeteu-se à lavagem em água contendo hipoclorito de sódio 0,2% e, posteriormente, enxágue em água potável. Após os processos de limpeza e desinfecção, empregaram-se os processos térmicos em cada amostra/repetição, os tratamentos foram realizados em água potável, com o controle da temperatura e do tempo, assim como o resfriamento quando rápido foi realizado também em água potável com controle do tempo e temperatura, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Processamentos térmicos utilizados no experimento.

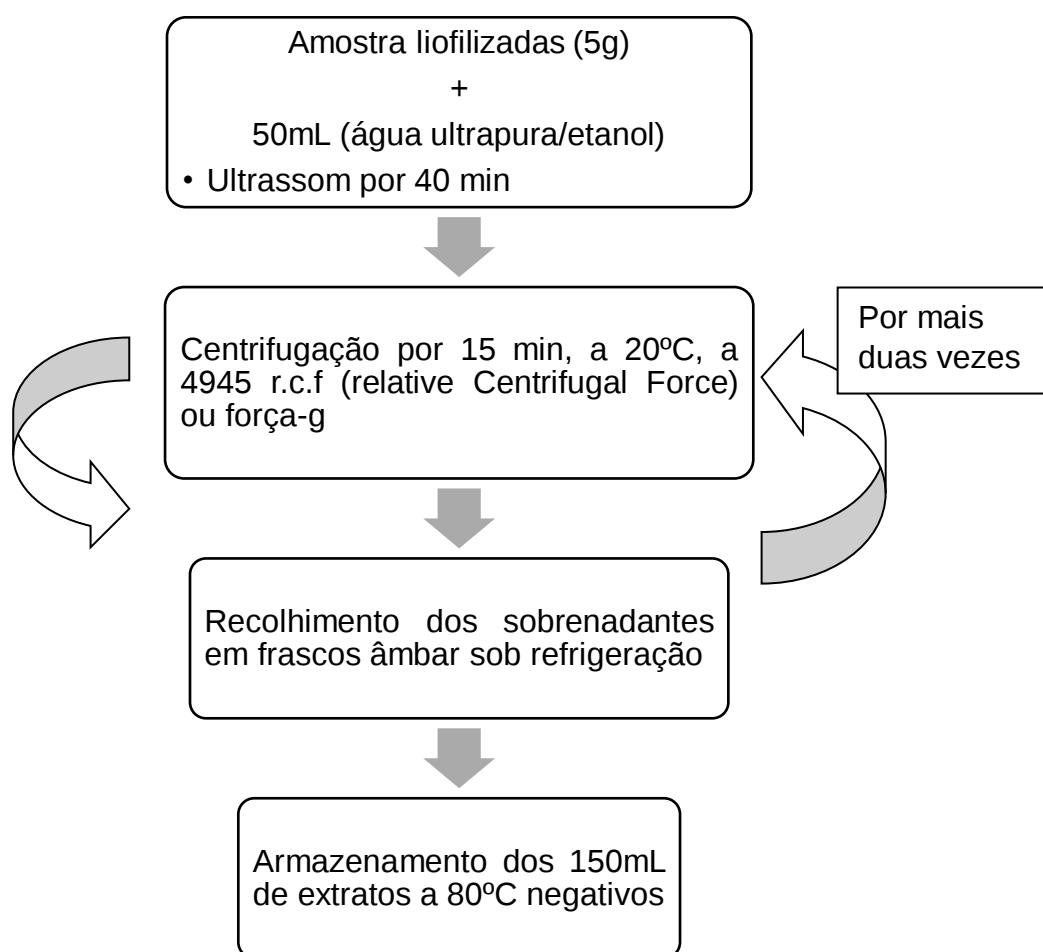
Tratamento	Tempo/Temperatura
Pasteurização	30 min/ 65°C
	Resfriamento 5°C/3min
	5 min/ 100°C
Cozimento	Resfriamento em temperatura ambiente
<i>In natura</i>	-

4.2 Liofilização

Após os tratamentos do processamento térmico e maceração, as pimentas foram previamente submetidas à etapa de congelamento, na temperatura de -20°C . Após as amostras foram levadas ao liofilizador, foram submetidas a uma pressão de 0,011mbar e temperatura de $-60^{\circ}\text{C}/48\text{h}$. Após o processo de liofilização, as amostras foram armazenadas em -20°C até serem utilizadas nas extrações.

4.3 Extração

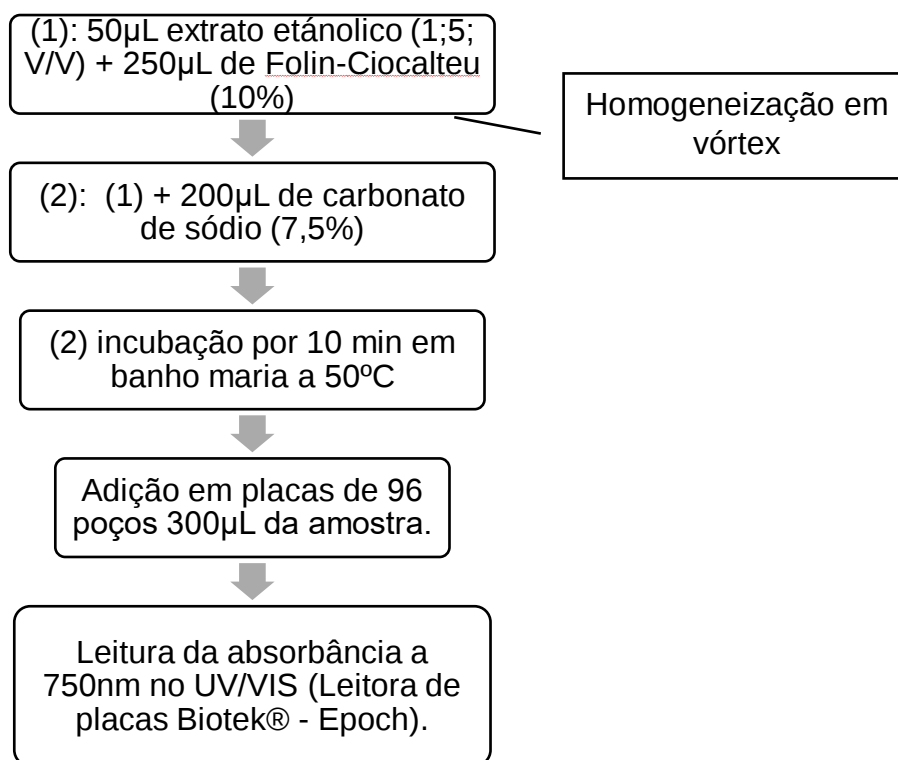
As extrações foram realizadas segundo o Fluxograma 1. Realizaram-se extrações com água ultrapura e etanol.



Fluxograma 1. Extração por meio aquoso e etanólico.

4.4 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método baseado na reação com o reagente Folin-Ciocalteu conforme método descrito Singleton e Rossi (53) e adaptado por Wang (21), descrito no Fluxograma 2. Para efeito de cálculo foi construída uma curva analítica de ácido gálico (0 a $100\mu\text{g mL}^{-1}$). Seguindo as mesmas etapas realizadas com as amostras, com exceção do branco (realizado com as mesmas soluções e condições, sem a presença da amostra).



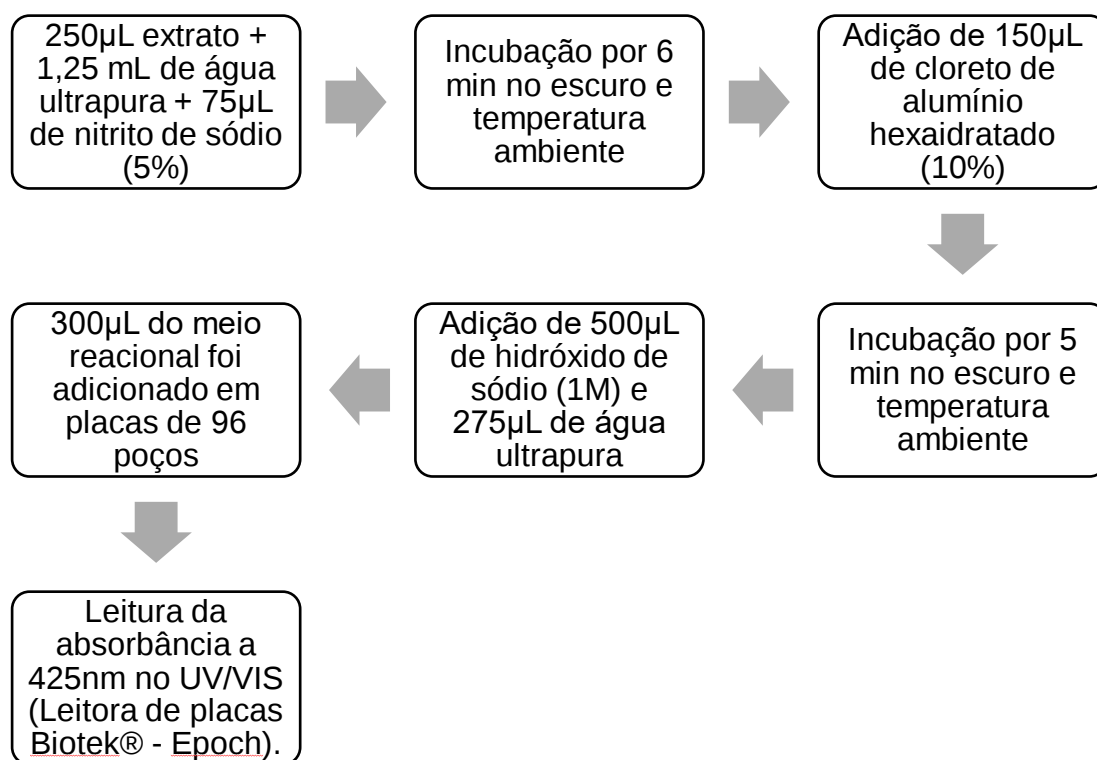
Fluxograma 2. Esquematização da determinação de compostos fenólicos totais.

O teor de fenóis totais (FT) da amostra foi determinado através da equação da reta ($y=0,0093x-0,0189$) obtida pela curva de calibração e com o coeficiente de regressão linear $R^2=0,9969$, a curva encontra-se no Anexo 1.

As análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos em EAG (equivalentes de ácido gálico) mg 100g⁻¹ de vegetal.

4.5 Determinação de Flavonoides Totais

Os flavonoides totais foram determinados de acordo com a metodologia de Markham (54), com modificações de Chang, et al. (55), como descrito no Fluxograma 3. Para efeito de cálculo foi construída a uma curva analítica de quercetina (20 mg de quercetina em 1 mL de etanol), com concentrações de 0 a 200 µg mL⁻¹. Seguindo as mesmas etapas realizadas com as amostras, com exceção do branco analítico.



Fluxograma 3. Esquematização da determinação de flavonoides totais.

O teor de flavonoides totais da amostra foi determinado através da equação da reta ($y=0,0083x-0,009$) obtida pela curva de calibração e com o coeficiente de regressão linear $R^2=0,9973$, a curva encontra-se no Anexo 2.

As análises foram realizadas todas em triplicata. Os resultados foram expressos em EQ (equivalentes de quercetina) mg 100g⁻¹ de material vegetal.

4.6 Determinação de capacidade antioxidante (DPPH e ABTS^{•+})

4.6.1 DPPH

A determinação de capacidade antioxidante utilizando o método de DPPH é baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) por antioxidantes, produzindo a descoloração da cor roxa-escura que é proporcional à concentração de espécies antioxidantes (Figura 7), acompanhada do decréscimo da absorbância (56), descrito no Fluxograma 4.

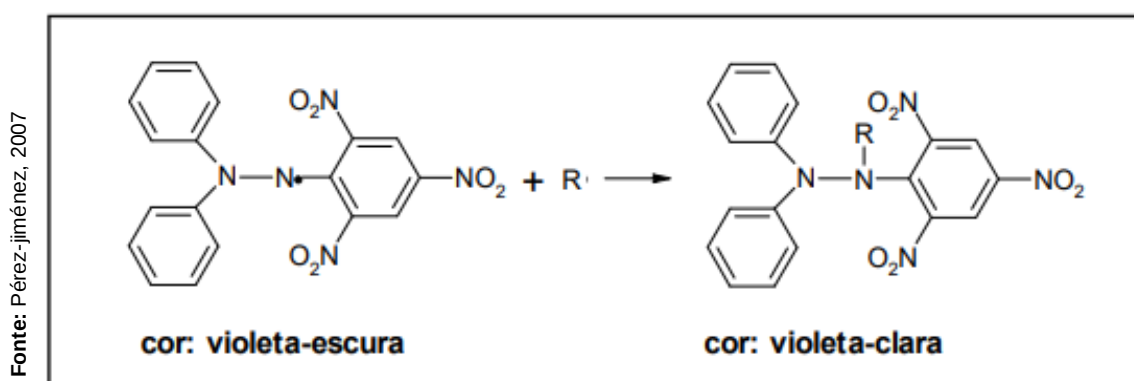
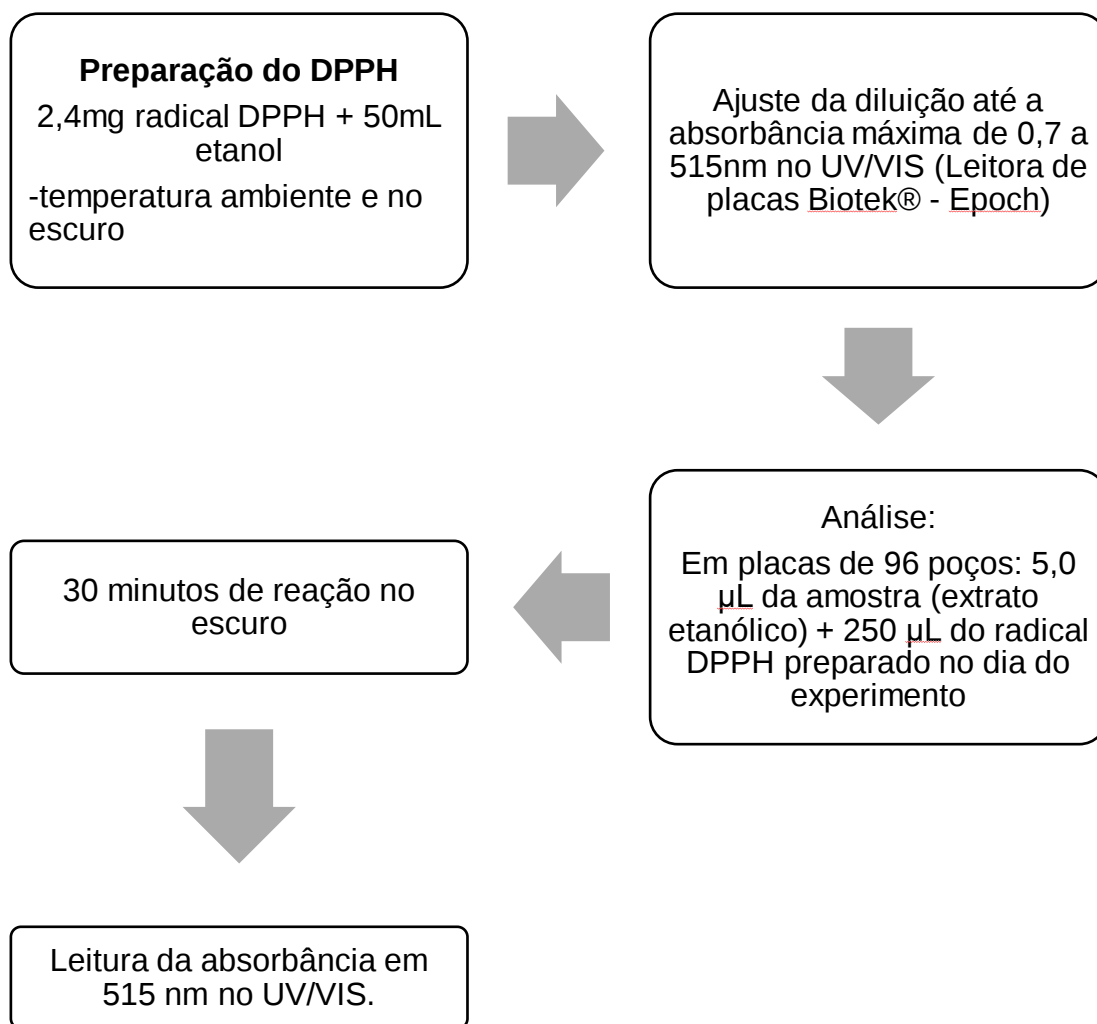


Figura 7. Estabilização do radical DPPH

Para efeito de cálculo foi construída a uma curva analítica de Trolox 2mM (5mg de Trolox em 10 mL de etanol), com concentrações de 0 a 500 µM. Seguindo as mesmas etapas realizadas com as amostras, com exceção do branco (realizado com as mesmas soluções e condições, sem a presença da amostra).



Fluxograma 4. Esquematização da determinação de capacidade antioxidante por DPPH

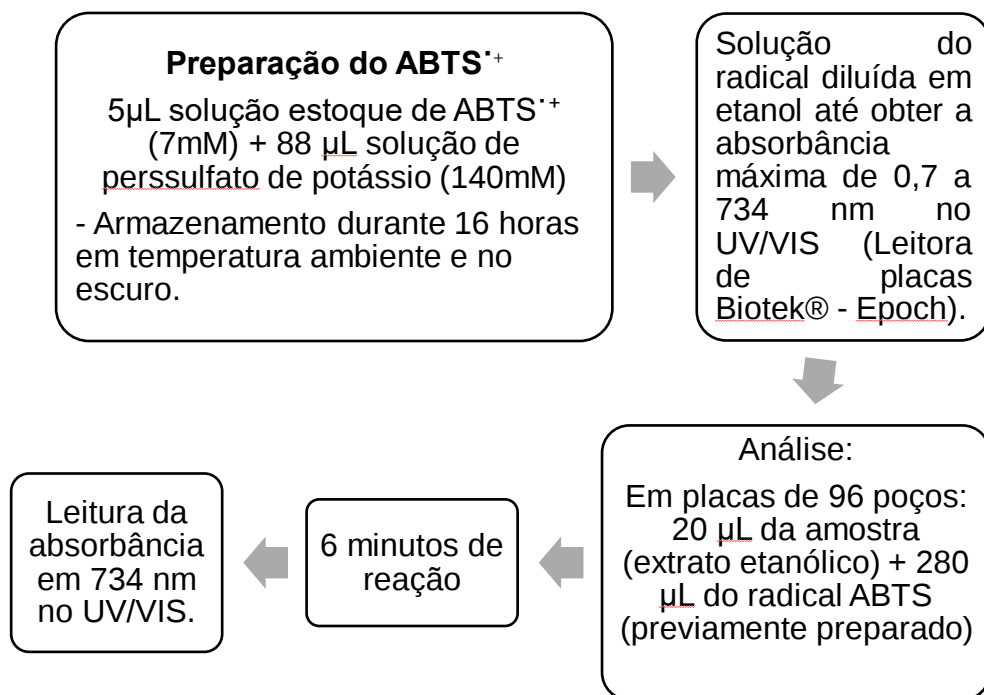
A capacidade antioxidante por DPPH da amostra foi determinado através da equação da reta ($y = -0,0014x - 0,8209$) obtida pela curva de calibração e com o coeficiente de regressão linear $R^2 = 0,9967$, a curva encontra-se no Anexo 3, os resultados foram expressos em Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) em μM (57). As análises foram realizadas todas em triplicata.

4.6.2 ABTS^{•+}

A determinação de capacidade antioxidante utilizando o método de ABTS^{•+} é baseado na captura do cátion radical ABTS^{•+} (ácido [2,2'-azinobis

(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] por antioxidantes, produzindo a descoloração da cor verde-escura para verde-clara proporcional à concentração de espécies antioxidantes, acompanhada do decréscimo da absorvância (56), com modificações, descrito no Fluxograma 5.

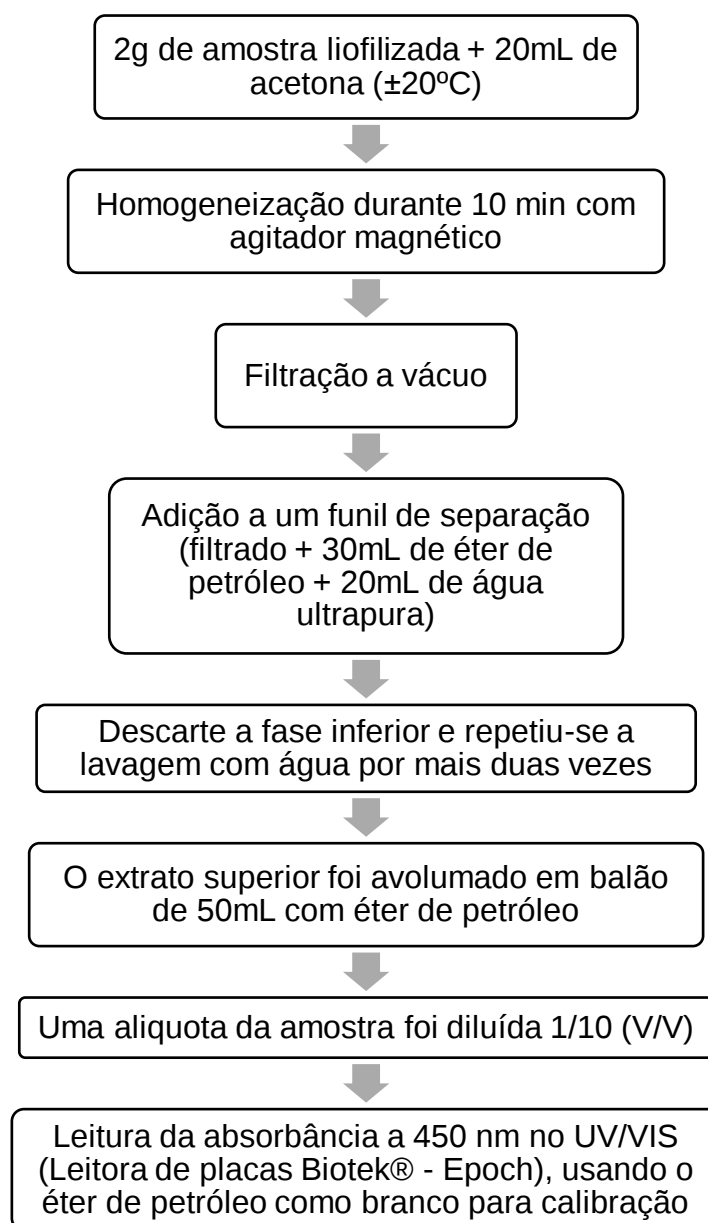
A capacidade antioxidante por $ABTS^{\cdot+}$ da amostra foi determinado através da equação da reta ($y=-0,0015x-0,7073$) obtida pela curva de calibração e com o coeficiente de regressão linear $R^2=0,9963$, a curva encontra-se no Anexo 4, os resultados foram expressos em Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) em μM (57). As análises foram realizadas todas em triplicata.



Fluxograma 5. Esquematização da determinação de capacidade antioxidante por $ABTS^{\cdot+}$

4.7 Determinação de Carotenoides Totais

O método utilizado foi o de Rodriguez-Amaya (58) adaptado por Grazioli (59), este método necessita-se de uma extração diferenciada como descrito no Fluxograma 6.

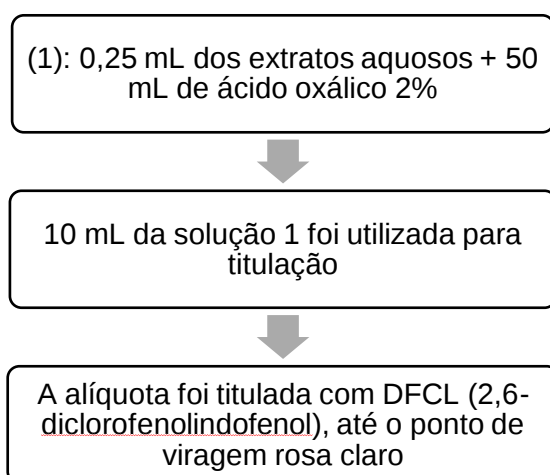


Fluxograma 6. Esquematização da determinação de carotenoides totais

O conteúdo de carotenoides totais foi expresso em mg de β -caroteno.100 g⁻¹ de amostra avaliada.

4.8 Determinação de Vitamina C

O conteúdo de vitamina C ou ácido ascórbico das pimentas foi determinado pelo método titulométrico, segundo metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) nº 43605 de 1984, modificado por Benassi (60), descrito no Fluxograma 7. Para efeito de cálculo foi construída a uma curva analítica de ácido L-ascórbico, com concentrações de 125 a 500 $\mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$. Seguindo as mesmas etapas realizadas com as amostras, com exceção do branco (realizado com as mesmas soluções e condições, sem a



Fluxograma 7. Esquematização para a determinação de Vitamina C presença da amostra).

O teor de Vitamina C da amostra foi determinado através da equação da reta ($y=0,0074x-0,034$) obtida pela curva de calibração e com o coeficiente de regressão linear $R^2=0,9995$, a curva encontra-se no Anexo 5. As análises foram realizadas todas em triplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados revelou significância para interação entre os fatores [espécies de pimentas e tratamentos térmicos (pasteurização e cozimento)], para todas as variáveis analisadas (teor de compostos fenólicos totais, teor de flavonoides totais, capacidade antioxidante (DPPH e ABTS), concentração de carotenoides totais e teor de vitamina C), resultando na validação das comparações intragrupos. Os resultados para o teste de Tukey, referentes aos fatores em separado constam no Anexo 6 e Anexo 7.

5.1 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

Os resultados expressos por equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100g de vegetal, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Conteúdo de compostos fenólicos totais presentes em pimentas *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum*.

	EAG (mg 100g ⁻¹)	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	870,04 ± 35,49 ^{aA}	868,60 ± 31,68 ^{bA}
Cozimento	903,01 ± 35,53 ^{aA}	956,77 ± 50,39 ^{aA}
Pasteurização	869,32 ± 29,04 ^{aA}	477,20 ± 48,85 ^{cB}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas (DMS: 85,67 EAG mg 100g⁻¹), e maiúsculas nas linhas (DMS: 69,99 EAG mg 100g⁻¹) não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. (p<0,05)

Ao analisar a Tabela 3 é possível perceber que as espécies estudadas possuem um valor superior quando comparados a trabalhos anteriores, mesmo avaliando outras variedades de pimentas, como é o caso de Melo et al.(61) que avaliaram os compostos fenólicos na pimenta bode,

cumari e malagueta com valores de 294,00 mg EAG 100g⁻¹, 347,12 mg EAG 100g⁻¹, 1328,28 mg EAG 100g⁻¹ respectivamente, esses valores foram utilizados como parâmetros, já que estudos com as variedades *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum* são escassos.

Além disto, é importante destacar que o processo de pasteurização para a *Capsicum baccatum*, foi o único em que houve uma maior perda dos compostos fenólicos totais, como já era esperado, já que o fator de tempo em que o calor é submetido as pimentas, é um fator degradante para os compostos bioativos, na pasteurização por exemplo a pimenta permaneceu um maior tempo (30min) no calor (60°C), então era de se esperar uma maior degradação, como ocorreu para a *Capsicum baccatum*, entretanto os outros processos térmicos(cozimento) não degradou em grandes proporções e assim manteve-se em níveis consideráveis para ambas as variedades estudadas, quando comparado com a amostra *in natura*.

A amostra avaliada também apresenta níveis mais altos quando comparados com outras frutas, que são consideradas fontes ricas destes compostos como é o caso da acerola, manga, morango, e uva com 580,1 mg EAG 100g⁻¹, 544,9 mg EAG 100g⁻¹, 131,1 mg EAG 100g⁻¹ e 117,1 mg EAG 100g⁻¹, respectivamente [Kuskoski et al (62)].

Segundo Melo et al (63) o conteúdo de compostos fenólicos totais em amostras de pimentas e de outras variedades podem ser bem divergentes, devido a muitos fatores como composição química da espécie analisada,

formas de cultivo, condições agrônômicas, genéticas e climáticas da região e também sensibilidade do método empregado na determinação dos mesmos.

5.2 Determinação de Flavonoides Totais

Os resultados expressos por equivalentes de quercetina (EQ) por 100 gramas de vegetal estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de flavonoides totais verificados em amostras de pimentas *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum* submetidas a tratamento térmico. Expressos em equivalentes de quercetina (EQ).

	EQ (mg 100g ⁻¹)	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	449,96 ± 3,55 ^{aB}	551,16 ± 4,35 ^{aA}
Cozimento	439,84 ± 3,14 ^{bB}	526,43 ± 4,37 ^{bA}
Pasteurização	333,01 ± 3,48 ^{cB}	497,35 ± 7,29 ^{cA}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas (DMS: 8,16 EQ mg 100g⁻¹), e maiúsculas nas linhas (DMS: 9,98 EQ mg 100g⁻¹) não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. (p<0,05)

Quanto aos teores de flavonoides totais, a *Capsicum chinense* pasteurizada (333,01 ± 3,48 EQ mg 100g⁻¹) é onde ocorre uma maior perda de flavonoides totais, comparado a *in natura* (449,96 ± 3,55 EQ mg 100g⁻¹) e cozimento (439,84 ± 3,14 EQ mg 100g⁻¹), a perda é significativa mas em pequenas proporções quando comparado *in natura* com pasteurização. O mesmo ocorre para a *Capsicum baccatum*, já que a perda é significativa nos processos de pasteurização e cozimento, quando relacionada a *in natura*, ainda sim o cozimento é menos agressivo quanto ao processo de pasteurização.

Scurachio *et al* (64) quantificou flavonoides em pimentas dedo de moça madura e verde e verificou níveis de 95 mg 100g⁻¹ e 64,2 mg 100g⁻¹ e na variedade Cambuci com apenas 33,4 mg 100g⁻¹ destes compostos. Enquanto Lima *et al* (65) obteve valores de 47 mg 100g⁻¹ em pimentas dedo de moça comercializadas em Imperatriz-MA. Todos estes dados são inferiores aos encontrados neste trabalho, o qual mostra alguma propriedade antioxidante considerável e/ou a biodisponibilidade, em virtude também dos teores elevados destes compostos.

Em relação a extratos de outros frutos, os resultados ainda se mantêm altos, como é o caso dos extratos de jatobá que apresentou um teor de flavonoides de 19,69 mg 100g⁻¹ em estudos realizados por Rocha *et al* (66), levando a crer que a pimentas possuem excelentes quantidades destes compostos e passa a ser opção de escolha em relação a outras fontes naturais para consumo.

5.3 Determinação da Capacidade Antioxidante

5.3.1 DPPH•

Na Tabela 5, observam-se os valores obtidos para a capacidade antioxidante pelo método de DPPH, presente nas variedades de pimentas estudadas.

Tabela 5. Capacidade Antioxidante Total em Equivalentes de TROLOX (TEAC) para *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum*.

	$\mu\text{M TROLOX g}^{-1}$	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	$1,87 \pm 0,09^{bA}$	$1,42 \pm 0,16^{bB}$
Cozimento	$3,67 \pm 0,12^{aA}$	$2,06 \pm 0,19^{aB}$
Pasteurização	$1,54 \pm 0,11^{cA}$	$1,60 \pm 0,04^{bA}$

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas (DMS: $0,23 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$), e maiúsculas nas linhas (DMS: $0,27 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$) não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. ($p < 0,05$)

Na tabela 5 é possível verificar que entre os processos térmicos e variedades, o cozimento da *C. chinense* ($3,67 \pm 0,12 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$) é a que mantém a maior capacidade antioxidante. Quando comparado a amostra *in natura* ($1,42 \pm 0,16 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$) da *Capsicum baccatum* com a amostra pasteurizada ($1,60 \pm 0,04 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$), não possui uma diferença estatística, mostrando que o processo térmico não afetou a capacidade antioxidante.

Segundo Pellegrini (67), existem vários compostos com potencial antioxidante que estão presentes em diversas frutas e vegetais, como as vitaminas C e E, os carotenoides e uma variedade fitoquímicos como os compostos fenólicos simples, os glicosídeos e os flavonoides. Em especial os compostos fenólicos atuam como antioxidantes devido a sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons e, também, por causa de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento.

O aumento significativo da capacidade antioxidante como ocorreu na *Capsicum chinense* em cozimento, pode-se sugerir algumas possibilidades citado por Jimenez et al (68).

A primeira das possibilidades é de que ocorra uma liberação de quantidades de componentes antioxidantes devido à destruição térmica de paredes celulares e compartimentos sub-celulares; ou, a modificação térmica de antioxidantes mais fortes de eliminação de radicais por reação térmicas/química; ou o surgimento de novos antioxidantes não-nutrientes ou a formação de novos compostos, tais como produtos de reação Maillard com antioxidante atividade (69).

A primeira possibilidade é aceitável em partes para esse trabalho, já que ocorre a destruição das paredes celulares e compartimentos sub-celulares por meio mecânico (maceração em moinho de bancada), antes da liofilização. A segunda opção, ocorre no estudo já que foi realizado extrações com etanol e extrações com água ultrapura. E a última opção de que ocorra a produção de novos antioxidantes não-nutrientes (ou a formação de novos compostos, também é plausível já que a fonte de calor é alta (100°C) no caso do cozimento.

No entanto, não fica claro até que ponto cada fator pode ser um possível contribuinte para o aumento da capacidade antioxidante, seria interessante a utilização de análises com uma maior precisão, ou uma análise mais qualitativa.

5.3.2 ABTS^{•+}

Vários trabalhos que empregam a metodologia do radical ABTS^{•+} divergem quanto ao tempo empregado para quantificar a capacidade antioxidante. Re et al (70), por exemplo utilizaram o tempo de 2 minutos para avaliar o TEAC, pois, nesse tempo, ocorre quase que por completo a reação entre o radical e o antioxidante. Os extratos das pimentas estudadas por Oliveira (71) continuaram a reagir de forma mais expressiva até os 10 minutos de reação, decaindo a partir desse tempo, e neutralizando os radicais livres de forma mais lenta até os 30 minutos de reação. Por isso foi utilizado um tempo de 6 minutos de incubação.

Na Tabela 6, observam-se os valores obtidos para a capacidade antioxidante por ABTS^{•+}, presente nas variedades de pimentas estudadas.

Tabela 6. Capacidade Antioxidante Total em Equivalente de TROLOX (TEAC) para *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum*.

	$\mu\text{M TROLOX g}^{-1}$	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	4,03 $\pm$ 0,73 ^{bB}	4,26 $\pm$ 0,35 ^{aA}
Cozimento	4,42 $\pm$ 0,07 ^{aA}	4,39 $\pm$ 0,55 ^{aA}
Pasteurização	3,52 $\pm$ 0,47 ^{cB}	4,34 $\pm$ 0,20 ^{aA}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas (DMS: 0,11 $\mu\text{M TROLOX g}^{-1}$), e maiúsculas nas linhas (DMS: 0,13 $\mu\text{M TROLOX g}^{-1}$) não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. ($p < 0,05$)

Constata-se que assim como no teste antioxidante pelo método de captura de radicais DPPH, nesse teste a *Capsicum chinense* no extrato etanólico e cozida apresentou a mais alta capacidade antioxidante. Na *Capsicum baccatum*, a amostra cozida apresentou maior capacidade

antioxidante com TEAC de $4,39 \pm 0,55 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$, entretanto é estatisticamente ($p < 0,05$) igual aos demais processos da mesma variedade.

Quando confrontados os valores TEAC encontrados neste estudo principalmente para a amostra pasteurizada ($\text{TEAC} = 3,52 \mu\text{M TROLOX g}^{-1}$) da *Capsicum chinense* é a única amostra que difere em uma maior significância das demais (tanto *Capsicum chinense* quanto *Capsicum baccatum*). Quando relacionado com valores TEAC obtidos de outros alimentos de reconhecido potencial antioxidante, como tomate ($1,65 \text{ mM g}^{-1}$), azeite virgem de oliva ($1,79 \text{ mM mL}^{-1}$), cerveja ($1,0 \text{ mM mL}^{-1}$) e chá preto ($3,6 \text{ mM mL}^{-1}$) (72), as pimentas demonstram uma alta capacidade antioxidante, sendo assim é possível considerar essas pimentas como um alimento de elevada capacidade antioxidante, mesmo *in natura*.

5.4 Determinação de Carotenoides Totais

Na Tabela 7 relacionam-se os valores obtidos para os carotenoides totais, presentes em *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum*.

Tabela 7. Teor de carotenoides totais das pimentas do gênero *Capsicum*

	mg β -caroteno g^{-1}	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	$76,22 \pm 5,91^{\text{aA}}$	$18,96 \pm 0,60^{\text{bB}}$
Cozimento	$37,21 \pm 0,72^{\text{bA}}$	$15,65 \pm 0,15^{\text{bB}}$
Pasteurização	$20,54 \pm 0,74^{\text{cB}}$	$32,22 \pm 0,52^{\text{aA}}$

spp. em amostras *in natura*, cozida e pasteurizada.

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas (DMS: $4,17 \text{ mg } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$), e maiúsculas nas linhas (DMS: $5,10 \text{ mg } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$) não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. ($p < 0,05$)

Os carotenoides são considerados nutrientes com comprovada ação antioxidante, e eles têm sido alvo de muitos estudos, pois estão associados com a prevenção de certos tipos de cânceres. Muitos desses estudos têm sido realizados com o objetivo de quantificar esses nutrientes em diversos alimentos de origem vegetal (73).

Como verificado a *Capsicum chinense in natura* apresentou o maior teor de carotenoides totais ($76,22 \pm 5,91$ mg β -caroteno g^{-1}), sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) das demais pimentas, o que já era de se esperar devido a não presença do processamento térmico, enquanto que na *Capsicum baccatum* foi quantificado o menor teor ($18,96 \pm 0,60$ mg β -caroteno g^{-1}). O aumento significativo na amostra *Capsicum baccatum* pasteurizada, se deve ao mesmo fator já citado na capacidade antioxidante, em que a temperatura de pasteurização não foi capaz de reduzir e sim de alguma forma rearranjar moléculas dos carotenoides, ou formar carotenoides de produção de reações vinda pela interferência da temperatura, ou química.

A pimenta *in natura* teoricamente deveria possuir mais carotenoides totais do que as pimentas processadas, entretanto somente a *Capsicum chinense* mostrou um maior valor de carotenoides, já a *Capsicum baccatum*, quando se compara o processo de pasteurização com as demais é possível afirmar que a temperatura do processo térmico foi um interferente, já que os dados mostram que houve um aumento deste composto, isso se deve a algum tipo de comportamento dos carotenoides quando estão em temperaturas mais altas, ou até mesmo pelo que foi citado no item 5.3.1, já

que a capacidade antioxidante está ligada com todos os compostos bioativos inclusive os carotenoides.

Segundo Neitzke et al (74), quando comparado o conteúdo de alguns componentes bioativos em duas variedades de pimenta doce da espécie *Capsicum ssp.*, encontraram valores aproximados quanto ao teor de carotenoides totais que variam de 16,22 a 152,06 mg β -caroteno 100g^{-1} . Outros pesquisadores analisando cinco cultivares de *Capsicum annum* vermelhas e amarelas encontraram teores de carotenoides entre 8,09 mg a 13,40 mg 100 g^{-1} , valores abaixo dos detectados neste estudo, mesmo sendo variedades diferentes (75).

Pedó et al (76) e Carvalho et al (77) também verificaram valores de 12,08 a 14,27 mg 100g^{-1} e 0,74 a 13,5 mg 100 g^{-1} , em diversas variedades de pimentas em base seca. Com relação a outros materiais verifica-se também valores elevados quando comparados aos estudos realizados por Sousa et al (78) que quantificou os carotenoides existentes em extratos do fruto do buriti (7,78 mg 100g^{-1}).

5.5 Determinação de Vitamina C

Durante a titulação da solução ácida de ácido ascórbico com 2-6-diclorofenol-indofenol (DCFI) tornou-se incolor ao ser reduzido pelo ácido ascórbico. Quando todo o ácido ascórbico é oxidado, o excesso de DCFI tornou a solução rosa, revelando o final da titulação de rosa claro (Figura 8).

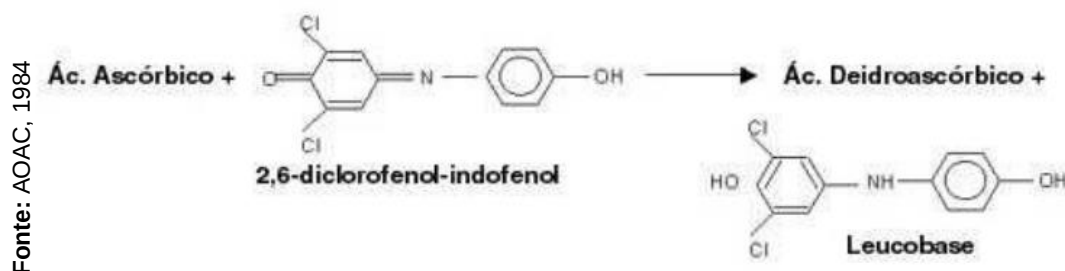


Figura 8. Equação da reação do ácido ascórbico oxidado.

Os resultados referentes à determinação de vitamina C, obtidos por meio de método titulométrico, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Teores de ácido ascórbico em amostras de *Capsicum chinense* e *Capsicum baccatum* *in natura*, cozida e pasteurizada.

	ácido L-ascórbico (mg 100g ⁻¹)	
	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>
<i>In natura</i>	304,95 ± 19,51 ^{aB}	676,91 ± 39,01 ^{aA}
Cozimento	361,26 ± 78,02 ^{aA}	451,35 ± 67,59 ^{bA}
Pasteurização	158,54 ± 39,10 ^{bA}	248,66 ± 67,57 ^{cA}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas [DMS: 99,06 ácido L-ascórbico (mg 100g⁻¹)], e maiúsculas nas linhas [DMS: 121,26 ácido L-ascórbico (mg 100g⁻¹)] não diferem estatisticamente entre si, considerando o nível de 5%, segundo pós teste de Tukey. (p<0,05)

É possível verificar na Tabela 8 que o teor de ácido ascórbico das pimentas *in natura*, cozida e pasteurizada, estudadas foram diferentes estatisticamente para *Capsicum baccatum*, podendo ser devido às variações nos cultivares, genética, maturidade, fertilização, condições ambientais e processamento (79). Fica claro nesses dados que a pasteurização é o processamento mais agressivo para a vitamina C, para ambas as variedades, a temperatura para a Vitamina C, assim como a presença de oxigênio é muito agressiva, por ser uma vitamina muito instável, sabe-se que

a o manuseio de vitamina C e alimentos ricos na mesma, deve-se tomar cuidado em todas as etapas, pois a volatilização dessa vitamina ocorre rapidamente. Entretanto o processo de cozimento causa perdas significativas também, como no caso a *Capsicum baccatum*. Para a *Capsicum chinense* o processo de cozimento não afeta estatisticamente no conteúdo de vitamina C.

Howard et al., (80) obtiveram teor de ácido ascórbico entre 75–277 mg 100 g⁻¹ de amostra de pimenta malagueta *in natura* enquanto Castro et al. (81) verificaram 107,4 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de amostra de pimenta malagueta *in natura*. Os valores encontrados no presente trabalho estão acima do que outros estudos encontram, mesmo sendo variedades diferentes.

Lima et al., (82), diz que a perda de vitamina C é causada principalmente pela incorporação de ar durante as etapas do processamento que favorece as reações aeróbicas, além da temperatura e tempo de armazenamento, sendo o uso de baixas temperaturas, condição imperativa para a retenção de vitamina C durante a estocagem. A vitamina C é um composto bastante sensível podendo ser degradada por vários fatores, como temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH, duração do tratamento a que foi submetido o alimento, entre outros.

Portanto, o processamento de alimentos pode alterar significativamente a composição qualitativa e quantitativa destes nutrientes,

apesar de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentar sua vida de prateleira (83).

Um sumo de laranja natural perde o seu conteúdo de vitamina C após 15 a 20 minutos depois de ter sido preparado (efeito da luz); a vitamina C também se perde totalmente nas verduras quando as mesmas são cozidas (efeito da temperatura). Esta vitamina também é rapidamente destruída pela ação da luz e sua estabilidade aumenta com o abaixamento da temperatura (84).

6 CONCLUSÕES

Ambas as pimentas estudadas *Capsicum chinense* (pimenta biquinho) e *Capsicum baccatum* (pimenta dedo-de-moça), possuem compostos fenólicos presentes e em quantidade maior do que encontrados em outros alimentos. Os processamentos térmicos (cozimento e pasteurização) mostram que a temperatura interfere nos teores dos compostos fenólicos.

Capsicum chinense sob pasteurização apresentou as maiores perdas nos teores de bioativos (flavonoides totais, vitamina C, carotenoides totais, e capacidade antioxidante); sob cozimento as perdas ocorrem para carotenoides totais. *Capsicum baccatum* apresenta menores perdas nos teores dos bioativos em função dos processos térmicos empregados.

Sendo assim, indica-se o cozimento como processo térmico para as espécies estudadas, enfatizando que a cozinha popular já utiliza este modo de conservação caseira. Industrialmente o tratamento mais utilizado é a pasteurização, presente nas legislações atuais (a ANVISA tanto considera o processo de pasteurização, como a cocção para a manufatura de molhos de pimentas e pimentas em conserva).

Com base nos efeitos desfavoráveis nos teores de bioativos frente a pasteurização definida para este trabalho, sugere-se estudo quanto ao binômio tempo/temperatura, sendo a temperatura de 100°C considerada como fator de menores danos aos teores de bioativos presentes nas pimentas biquinho e dedo-de-moça, desde que se reduza o tempo.

REFERÊNCIAS

1. Dambros JI. Estabilidade De Compostos Potencialmente Bioativos E Alterações De Qualidade Em Frutos E Produtos De Pimenta (*Capsicum* Spp.) 2014. 114f. Dissertação (Mestrado Em Ciência E Tecnologia De Alimentos) – Programa De Pós-Graduação Em Ciência E Tecnologia De Alimentos, Faculdade De Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal De Pelotas, Pelotas, 2014.
2. Moreira GR, Caliman FRB, Silva DJH, Ribeiro CSC. Espécies E Variedades De Pimenta. Informe Agropecuário, V.27, N.235, 2006. P.16-29.
3. Costa CSR. Pimenta (*Capsicum* Spp.): Embrapa Hortaliças. Disponível Em: <sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso Em: 10 Jun. 2017, 2007.
4. Giuffrida D, Dugo P, Torre G, Bignardi C, Cavazza A, Corradini C, et al. Characterization Of 12 *Capsicum* Varieties By Evaluation Of Their Carotenoid Profile And Pungency Determination. *Food Chemistry*, 140(4), 794–802, 2013.
5. Bae H, Jayaprakasha GK, Jifon J, Patil BS. Extraction Efficiency and Validation of An Hplc Method for Flavonoid Analysis in Peppers. *Food Chemistry*, V. 130, P. 751-758, 2012.
6. Brand-Williams W, Cuvelier M E, Berset C. Use Of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. *Food Sci. Technol.*, 28, 25–30, 1995.

7. Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. Flavonoid Antioxidants: Chemistry, Metabolism And Structure-Activity Relationships. *Journal Of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572–584, 2002.
8. Ordóñez JA. Tecnologia De Alimentos: Componentes Dos Alimentos E Processos. (Tradução). Porto Alegre: Artmed. 2005. 294 P.
9. Lopes SI, Et Al. Pimentas Do Gênero Capsicum No Brasil. *Documentos* 94, 94(Dezembro), 1–15, 2006.
10. Reifschneider FJB. (Org.) Capsicum: Pimentas E Pimentões No Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação Para Transferência De Tecnologia/Embrapa Hortaliças, Brasília Embrapa Hortaliças, 2000.113p.
11. Andrews J. Peppers: The Domesticated Capsicums. Austin: University Of Texas Press. 1984. 170p.
12. Bosland PW, Votava EJ. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums, New York: Cabi Publishing, 1999. 204p.
13. Bontempo M. Pimenta E Seus Benefícios. São Paulo: Alaúde, 2007.
14. Oliveira RS. Natural Bioactive Compounds: Promoting Agents In The Reduction Of Oxidative Extress And Inflammatory Processes. *Journal Of Basic Education, Technical And Technological. South American*, P. 258-273. Jun. 2018.
15. García R A. Guayusa (*Ilex guayusa* L.) new tea: phenolic and carotenoid composition and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 97, p. 3929–3936, 2017.

16. Wagner CM. Variabilidade E Base Genética Da Pungência E De Caracteres Do Fruto: Implicações No Melhoramento De Uma População De *Capsicum Annuum* L., 104, 2003.
17. Peter MZ. Efeitos Da Temperatura De Secagem Sobre Fitoquímicos De Pimenta (*Capsicum Baccatum* L. Var. *Pendulum*), P. 89, 2007.
18. Banwait S, Ataie M, Logvinova AV, Jin K, Greenberg DA, Bredesen DE. For The Article “Characterization Of Cap- Saicin Synthase And Identification Of Its Gene, 104(16), 7130–7135, 2007.
19. Madail JCM, Shneid LF, Sima LF, Wendt AN. Economia Da Produção De Pimenta Vermelha No Município De Turuçu-Rs. *Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária*, 27, 2005.
20. Angelo MP, Jorge N. Compostos Fenólicos Em Alimentos – Uma Breve Revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 66(1), 1–9, 2007.
21. Wang X, Li H, Li Y, Li P, Wang H. Polyphenolic Compounds And Antioxidant Properties Of Selected China Wines. *Food Chemistry*, 112(2), 454–460, 2009.
22. Lordêlo M, Silva C, Silva R, Santana S, Gabriela M, Koblitz B. Compostos Fenólicos, Carotenoides E Atividade Antioxidante Em Produtos Vegetais Phenolic Compounds, Carotenoids And Antioxidant Activity In Plant Products. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(3), 669–682, 2010.
23. Soares S E. Ácidos Fenólicos Como Antioxidantes. *Revista De Nutricao*, 15(1), 71–81, 2002.

24. Melo CMT, Costa LA. Da. Compostos Fenólicos E Capacidade Antioxidante De Pimentas Capsicum Chinense (Bode), Capsicum Baccatum Variedade Praetermissum (Cumari) E Capsicum Frutescens (Malagueta). Enciclopédia Biosfera, Goiânia, V. 7, N. 12, P.1-6, 2011. Anual.
25. Degáspari CH, Waszczynskyj N. Propriedades Antioxidantes De Compostos Fenólicos. *Visão Acadêmica, Curitiba*, 5(1), 33–40, 2004.
26. Bobbio PA, Bobbio FO. Química Do Processamento De Alimentos. 3 Ed. Varela. São Paulo, 2003.
27. Ribeiro EP, Seravalli A. Os Flavonoides Como Antioxidantes. E .A. G. Química De Alimentos. 2ª Ed. Ver. São Paulo. Ed. Geral Blucher, 2007.
28. Silva MO. Atividade Antioxidante E Composição De Oligossacarídeos Em Subproduto Obtido Do Processamento Industrial Da Goiaba (Psidium Guajava). 154 F. Dissertação (Mestrado) - Curso De Pós Graduação Em Ciências Dos Alimentos, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2015.
29. Rêgo ER, Rêgo MM, Matos IWF, Barbosa LA. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Horti-cultura Brasileira*, v. 29, p. 364-371, 2011.
30. Cordeiro AMT, Desenvolvimento De Bioaditivos Antioxidantes Para Otimização Da Estabilidade Oxidativa De Óleos Comestíveis. *Statewide Agricultural Land Use Baseline*, 2015.
31. Silva MLC, Costa RS, Santana AS, Koblitz MGB. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais.

Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

32. Março PH, Poppi RJ. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 5, 1218- 1223, 2008.

33. Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo MR, Conforti F, Statti G. The Influence Of Fruit Ripening On The Phytochemical Content And Biological Activity Of *Capsicum Chinense* Jacq. Cv Habanero. *Food Chemistry*, 114(2), 553–560, 2009.

34. Uenojo M, Maróstica MR, Pastore GM. Carotenoides: Propriedades, Aplicações E Biotransformação Para Formação De Compostos De Aroma. *Quimica Nova*, 30(3), 616–622, 2007.

35. Rodriguez-Amaya D. *A Guide To Carotenoid Analysis In Foods*. *Life Sciences*, 2001.

36. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-Colheita De Frutas E Hortaliças: Fisiologia E Manuseio. 2 Ed. Lavras: Ufla. 783 P. 2005

37. Matsufuji H, Nakamura H, Chino M, Takeda M. Antioxidant Activity Of Capsanthin And The Fatty Acid Esters In Paprika (*Capsicum Annuum*). *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 46(9), 3468–3472, 1998.

38. Lutz DLA, Freitas SC. Valor Nutricional. In: Ribeiro, C.S.C, Et Al. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, P.31-37. 2008.

39. Karel M, Buera MP, Roos Y. Effects Os Glass Transitions On Processing And Storafe. In J.M.V. Blanshard, & P.J. Lillford. *The Glassy State in Food*, 1993.

40. Roos Y, Karel M. Applying State Diagrams to Food Processing And Development. *Food Technology*, V. 45, N.107, P.66-70.1991.
41. Maiani G. Carotenoids: Actual Knowledge on Food Sources, Intakes, Stability and Bioavailability and Their Protective Role in Humans. *Molecular Nutrition and Food Research*, Weinheim, V.53, P.194-218, 2009.
42. Ball GFM, *Vitamins in Foods: Analysis, Bioavailability, And Stability*. Boca Raton: CRC Press, 2006.
43. Kalt W. Effects Of Production And Processing Factors On Major Fruit And Vegetable Antioxidants. *Journal Of Food Science*, 70, 2005.
44. Lee SK, Kader AA. Preharvest And Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content Of Horticultural Crops. *Postharvest Biology And Technology*, 20(3), 207–220, 2000.
45. Argandoña S, Janet E. Goiabas Desidratadas Osmoticamente E Secas: Avaliação De Um Sistema Osmotico Semicontínuo, Da Secagem E Da Qualidade. 2005. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual De Campinas, Faculdade De Engenharia De Alimentos, Campinas, Sp. Disponível Em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/reposip/255173>>. Acesso Em: 4 Ago. 2018.
46. Manirakiza P, Covaci A, Schepens P. “Pungency Principles in Capsicum, Analytical Determinations and Toxicology”, In: De, A. K.; Ed., “*Capsicum: The Genus Capsicum*”, London; Taylor & Francis; 2003.

47. Schweiggert U, Carle R, Schieber A. Characterization of Major and Minor Capsaicinoids And Related Compounds in Chili Pods (*Capsicum Frutescens* L.) By Highperformance Liquid Chromatography/Atmospheric Pressure Chemical Ionization Mass Spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, V. 557, N. 1–2, P. 236-244, 2006.
48. Constant HL, Cordell GA, West DP. Nonivamide, A Constituent of *Capsicum Oleoresin*. *Journal of Natural Products*, V. 59, N. 4, P. 425-426, 1996.
49. Constant HL. Separation and Quantification of Capsaicinoids Using Complexation Chromatography. *Journal of Natural Products*, V. 58, N. 12, P. 1925-1928, 1995.
50. Santos PD. Extração De Capsaicinoides Da Pimenta Malagueta (*Capsicum Frutescens* L.) Usando CO_2 Supercrítico E Ultrassom. Dissertação (Mestrado em Engenharia De Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
51. Zewdie Y, Bosland PW. “Capsaicinoids Profiles Are Not Good Chemotaxonomicindicators For Capsaicin Species”; *Biochemical Systematics and Ecology*; 29; 161-169; 2001.
52. Correia LFM, Faraoni AS, Sant’ana HMP. Efeitos Do Processamento Industrial De Alimentos Na Estabilidade De Vitaminas. *Alim. Nutr.*, 19(1), 83–95, 2008.

53. Sigleton VL, Rossi JA. Colorimetry Of Total Phenolics With Phosphomolybdic-Phosphotungic Ácid Reagentes. American Journal Of Enology And Viticulture, Davis, V.16, N.3, P.144-158, Feb. 1965
54. Markham KR. Techniques Of Flavonoid Identification. Academic Press, London, 1982.
55. Chang WK, Yang KD, Chuang H. Glutamine Protects Activated T Cells from Apoptosis by Up-Regulating Glutathione and Bcl-2 Levels. Clin Immunol. 2002;104(2): 151-60.
56. Pérez-Jiménez J. Effect Of Solvent And Certain Food Constituents On Different Antioxidant Capacity Assays. *Food Research International*, 39 (7), 791–800, 2006.
57. Vallverdú-Queralt A, Regueiro J, Rinaldi De Alvarenga JF, Torrado X, Lamuela-Raventos RM. Home cooking and phenolics: Effect of thermal treatment and addition of extra virgin olive oil on the phenolic profile of tomato sauces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(14), 3314–3320, 2014.
58. Rodríguez-Amaya DB. Changes in Carotenoids During Processing and Storage of Foods. *Arch Latinoam Nutr* 49:38S–47S, 1999.
59. Grazioli AS. Análise De Antocianinas E Carotenoides Da Pimenta Vermelha Dedo-De-Moça (*Capsicum Baccatum* Var. *Pendulum*) Sob Diferentes Condições De Armazenamento E Processamento. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Química, 20., 2014, Florianópolis. Florianópolis: Cobeq, 2014. P. 1 - 6.

60. Benassi MT. Análise Dos Efeitos De Diferentes Parâmetros De Vitamina C Em Vegetais Processados. 1990. 159 F. Dissertação (Mestrado Em Tecnologia De Alimentos) – Faculdade De Engenharia De Alimentos, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 1990.
61. Melo CMT, Costa LA, Bonnas DS, Chang R. Compostos Fenólicos E Capacidade Antioxidante De Pimentas Capsicum Chinense (Bode), Capsicum Baccatum Variedade Praetermissum (Cumari) E Capsicum Frutescens (Malagueta). Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, Vol.7, N.12; 2011.
62. Kuskoski EM, Asuero AG, Garcia-Parilla MC, Troncoso, A. M.; Felt, R. Actividad Antioxidante De Pigmentos Antocianicos. Ciên. Tecnol. Alimentos, V. 24, N. 4, P. 691-3, 2004.
63. Melo EA, Maciel MIS, Lima VLAG, Leal FLL, Caetano ACS, Nascimento RJ. Capacidade Antioxidante De Hortaliças Usualmente Consumidas. Ciência E Tecnologia De Alimentos, Campinas, V. 26, N.3. 2006.
64. Scuracchio PA, Vieira PM, Pacheco G, Sylos CM. Fenólicos E Flavonoides Totais, Ácido Ascórbico E Acidez Em Pimentas Brasileiras. XXIII Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia De Alimentos. Campinas-SP, 2012.
65. Lima MA, Teixeira LN, Sousa PB, Silva MJM, Carvalho LFM. Determinação De Fenólicos, Flavonoides E Atividade Antioxidante Da Pimenta Dedo-De-Moça (Capsicum Baccatum Var. Pedulum) Comercializada Na Cidade De Imperatriz - MA. In: VII CONNEPI-Congresso

Norte Nordeste De Pesquisa E Inovação. 2012.

66. Rocha MS, Figueiredo RW, Araújo MAM, Moreira-Araújo RSR. Caracterização Físico-Química E Atividade Antioxidante (In Vitro) De Frutos Do Cerrado Piauiense. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, V. 35, N. 4, P. 933-941, 2013.

67. Pellegrini N, Colombi B, Salvatore S, Brenna OV, Galaverna G, Rio DD, et al. Evaluation of Antioxidant Capacity of Some Fruit and Vegetable Foods: Efficiency of Extraction of a Sequence of Solvents. Journal of The Science of Food and Agriculture, V. 87, N.1, P. 103-111, Jan. 2007.

68. Jimenez-Monreal AM. Influence of Cooking Methods on Antioxidant Activity of Vegetables. Journal Of Food Science. Murcia, p. 97-103. jan. 2009.

69. Morales FJ, Babel MB. Antiradical efficiency of maillard reactin mixtures in a hydrophilic media. J Agric Food Chem 50:2788–92, 2002.

70. Re R. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. Free Radical Biology & Medicine, V. 26, N. 9-10, P. 1231-1237, 1999.

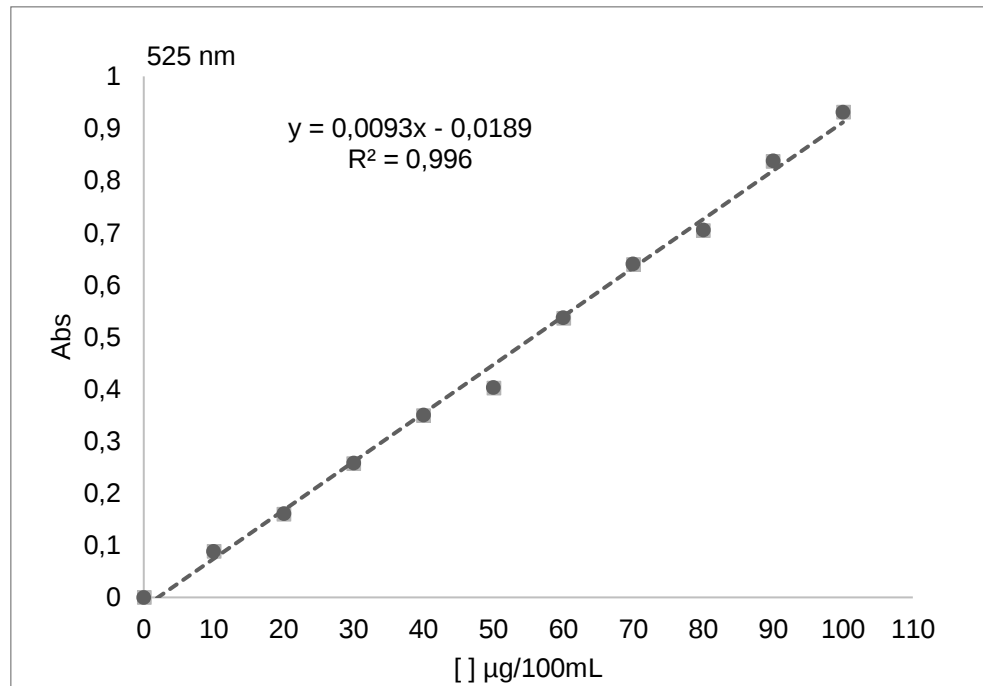
71. Oliveria AMC. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e atividade antifúngica de pimentas do gênero *Capsicum spp.* Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em alimentos e nutrição da universidade federal do Piauí para a obtenção do título de mestre em alimentos e nutrição. Teresina – PI, 2011.

72. De Beer D, Joubert E, Gelderblom WCA, Manley M. Antioxidant activity of south african red and white cultivar wines: free radical scavenger. J. Agric. Food Chem., V.90, P.569-577, 2003.
73. Byers T, Perry G. Dietary Carotenes, Vitamin C And Vitamin E As Protective Antioxidants In Human Cancer. Annual Review Of Nutrition, Palo Alto, V.12, P.139-159, 1992.
74. Neitzke RS, Vasconcelos CS, Barbieri RL, Vizzotto M, Fetter MR., Corbelini DD. Genetic Variability For Antioxidant Compounds In Landraces Of Pepper (*Capsicum Baccatum*). *Horticultura Brasileira*, 33(4), 415–421, 2015.
75. Topuz A, Ozdemir F. 2007. Assessment Of Carotenoids, Capsaicinoids And Ascorbic Acid Composition Of Some Selected Pepper Cultivars (*Capsicum Annuum* L.) Grown In Turkey. Journal Of Food Composition And Analysis 20:596-602.
76. Pedó T, Aumonde TZ, Oliveira LC, Nora L, Morselli TBGA, Mauch C. R. Produtividade E Caracterização Físico-Química De Pimentas Submetidas A Diferentes Fontes E Doses De Adubação Orgânica. Revista De La Facultad De Agronomía, La Plata. Vol 113 (2): 134-139, 2014.
77. Carvalho AV, Rios AO, Maciel RA, Moresco, KS, Beckman JC. Determinação De Carotenoides E Atividade Antioxidante De Pimentas Provenientes Da Região Amazônica. Magistra, Cruz Das Almas – Ba, V. 26, Iii Cbph, Set. 2014.

78. Sousa CMM, Silva HR, Vieira-Jr GM, Ayres MCC, Costa CLS, Araújo DS. Fenóis Totais E Atividade Antioxidante De Cinco Plantas Medicinais. Quim. Nova, Vol. 30, No. 2, 351-355, 2007.
79. Simmone AH, Simmone EH, Eitenmiller RR, Mills HA, Green NR. Ascorbic Acid And Provitamin A Contents In Some Unusually Coloured Bell Peppers. Journal Of Food Composition And Analysis. V 10,N. 04, P. 299–311, 1997.
80. Howard LR, Smith RT, Wagner AB, Villalon B, Burns EE. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapeños. Journal of Food Science, V. 59, N. 02, P. 362–365, 1994.
81. Castro SM. Effect thermal blanching and high pressure treatments on sweet green and red bell peppers fruits (*Capsicum Annum L.*) Seeds. Food Chemistry. P.1436-1449, 2008.
82. Lima VLAG, Melo EA, Lima LS. Avaliação da qualidade de suco de laranja industrializado. Bol Ceppa. 2000.
83. Correia LFM, Faraoni AS, Pinheiro-Santana HM. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. Alim. Nutr., V.19, N.1, P. 83-95, Araraquara Jan./Mar. 2008.
84. Bobbio FO, Bobbio FO. Pigmentos Naturais. Introdução à Química De Alimentos. 2. Ed. São Paulo: Varela, Cap. 6, P. 191-223. 1992.

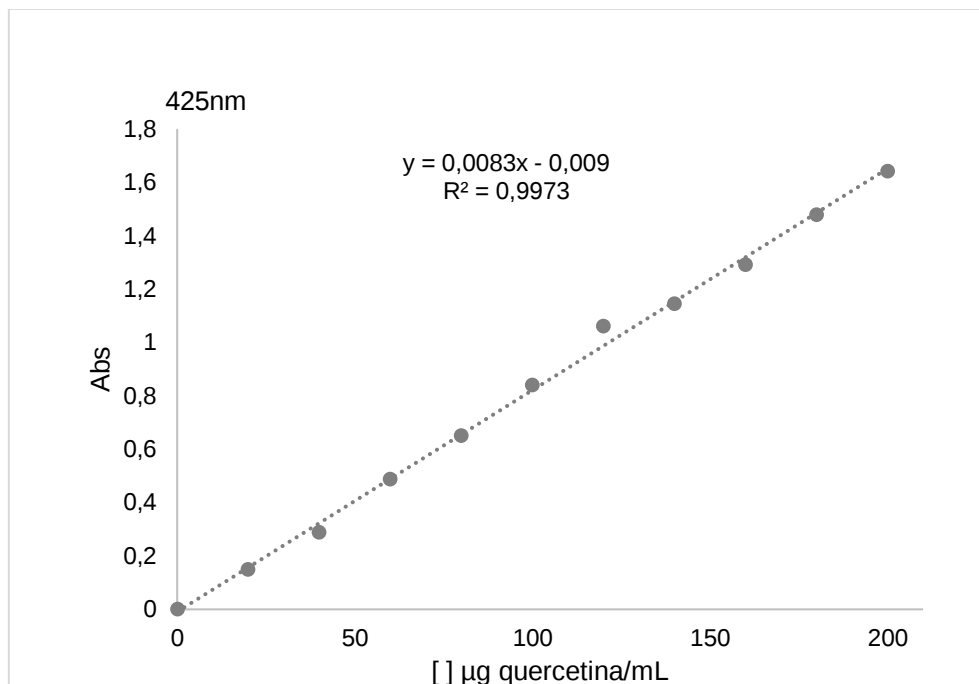
ANEXOS

Anexo 1



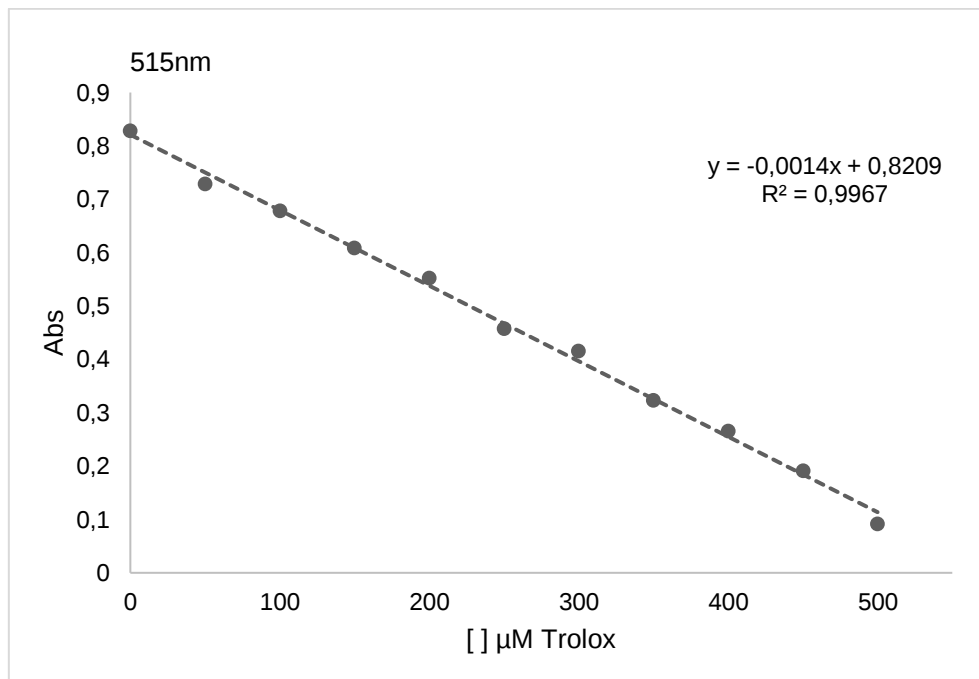
1. Curva de calibração do ácido gálico ($\mu\text{g}/\text{mL}$), para análise de compostos fenólicos totais.

Anexo 2



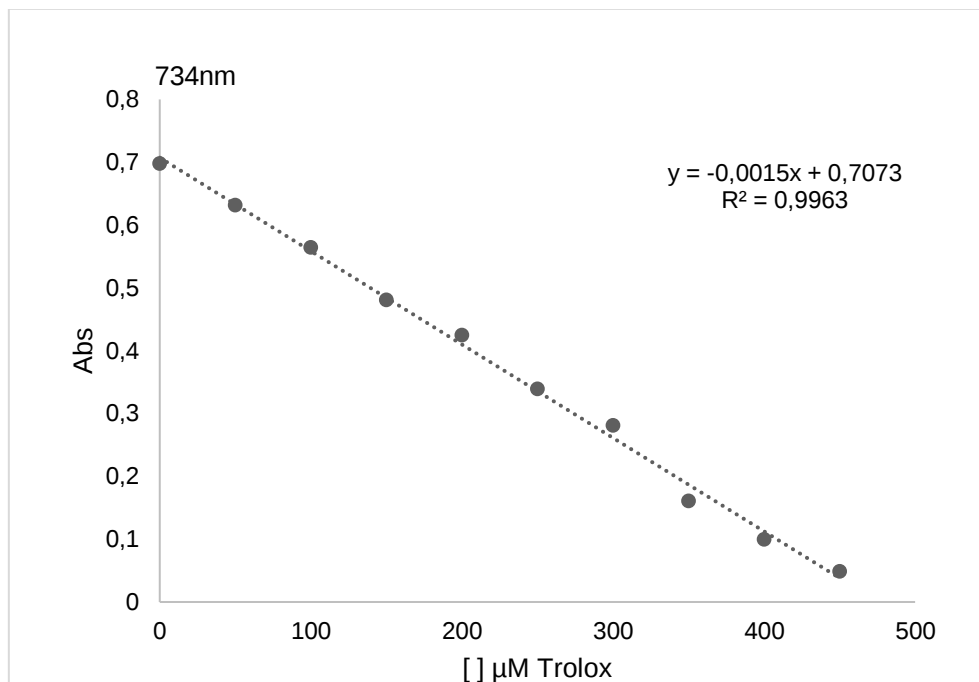
2. Curva de Calibração da Quercetina (µg/mL), para análise de flavonoides totais.

Anexo 3



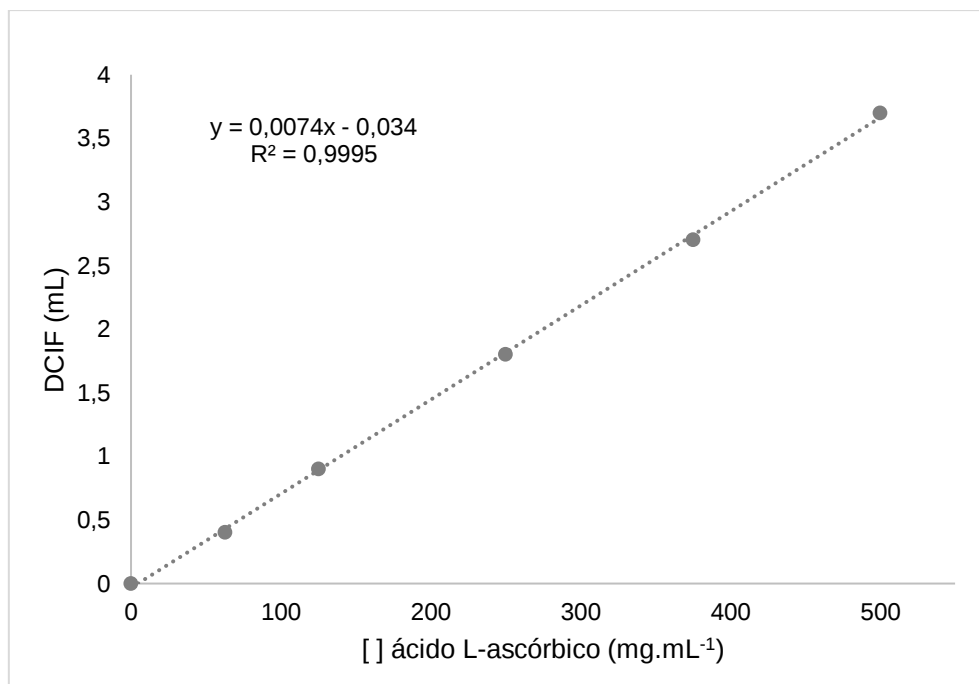
3. Curva de Calibração de TROLOX (µM TROLOX), para análise de DPPH[•].

Anexo 4



4. Curva de calibração de TROLOX (μM TROLOX), para análise de $\text{ABTS}^{\cdot+}$.

Anexo 5



5. Curva de calibração de ácido L-ascórbico (mg mL^{-1}), para análise de vitamina C.

Anexo 6

6. Resultados do teste de Tukey para comparação das médias do fator espécies (média de 9 observações).

	<i>Capsicum chinense</i>	<i>Capsicum baccatum</i>	DMS
Teor de Compostos Fenólicos Totais (EAG mg 100g ⁻¹)	880,79 ^a	767,53 ^b	40,40
Teor de Flavonoides Totais (EQ mg 100g ⁻¹)	407,60 ^b	525,00 ^a	4,71
DPPH [•] (μM TROLOX)	2,36 ^a	1,69 ^b	0,13
ABTS ^{•+} (μM TROLOX)	3,99 ^b	4,33 ^a	0,06
Concentração de Carotenoides Totais (mg β-caroteno g ⁻¹)	44,66 ^a	22,28 ^b	2,41
Teor de Vitamina C [ácido L-ascórbico (mg 100g ⁻¹)]	274,91 ^b	458,97 ^a	57,20

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

DMS: diferença mínima significativa.

Anexo 7

7. Resultados do teste de Tukey para comparação das médias do fator tratamentos (média de 6 observações).

	<i>In natura</i>	<i>Cozimento</i>	<i>Pasteurização</i>	DMS
Teor de Compostos Fenólicos Totais (EAG mg 100g ⁻¹)	869,32 ^a	929,89 ^a	673,27 ^b	60,58
Teor de Flavonoides Totais (EQ mg 100g ⁻¹)	500,36 ^a	483,14 ^b	415,21 ^c	7,06
DPPH [•] (μM TROLOX)	1,65 ^b	2,86 ^a	1,57 ^b	0,19
ABTS ^{•+} (μM TROLOX)	4,14 ^b	4,41 ^a	3,93 ^c	0,09
Concentração de Carotenoides Totais (mg β-caroteno g ⁻¹)	47,59 ^a	26,43 ^b	26,37 ^b	3,61
Teor de Vitamina C [ácido L-ascórbico (mg 100g ⁻¹)]	490,93 ^a	406,31 ^a	203,60 ^b	85,75

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

DMS: diferença mínima significativa.